Научное издание

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Могилев, 24–25 апреля 2014 г.

Авторы несут персональную ответственность за содержание тезисов докладов

Технический редактор И. В. Брискина

Компьютерная верстка И. В. Брискина

Подписано в печать 14.04.2014 г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 24,70. Уч.-изд.л. 26,03.
Тираж 240 экз. Заказ № 261.

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
ЛИ №02330/0548519 от 16.06.2009.
Пр. Мира, 43, 212000, г.Могилев.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Материалы, оборудование
и ресурсосберегающие технологии**

Материалы международной
научно-технической конференции
Могилев, 24–25 апреля 2014 г.

Могилев
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
2014

УДК 621:531:621.76:62-83:625:624:620.179:62-83:338«324»(043.2)
ББК 65.30:34.6:39.3:38:34.9:31.291
М34

Редакционная коллегия : д-р техн. наук, проф. И. С. Сазонов (гл. редактор); д-р техн. наук, доц. В. М. Пашкевич (зам. гл. редактора); В. И. Кошелева (отв. секретарь); канд. техн. наук, доц. М. Е. Лустенков; д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; д-р техн. наук, проф. М. Ф. Пашкевич; д-р техн. наук, проф. В. П. Тарасик; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк; канд. физ.-мат. наук, доц. И. И. Маковецкий

Рецензенты : канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов; д-р техн. наук, доц. А. М. Даньков; канд. техн. наук, доц. Д. И. Якубович; д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец; д-р техн. наук, доц. С. А. Рынкевич; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк; канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев; канд. техн. наук, доц. Г. С. Леневский; канд. физ.-мат. наук, доц. И. И. Маковецкий

М34 **Материалы,** оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 432 с. : ил.

ISBN 978-985-492-133-4.

В сборнике материалов конференции рассмотрены вопросы разработки прогрессивных технологических процессов в машиностроении, создания самообучающихся систем искусственного интеллекта для управления качеством и техническим уровнем изделий машиностроения, механизмы для технологической оснастки. Приведены результаты исследований в области современных технологий и машин сварочного производства, получения и обработки новых материалов и покрытий.

Рассмотрены вопросы проектирования, производства и эксплуатации транспортных средств; приведены результаты исследований в области ресурсосберегающих технологий, конструкций и материалов в строительстве; информационно-измерительной техники для контроля и диагностики объектов. Рассмотрены экономические аспекты деятельности промышленных предприятий Республики Беларусь.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных работников, аспирантов и студентов ВУЗов.

УДК 621:531:621.76:62-83:625:624:620.179:62-83:338«324»(043.2)
ББК 65.30:34.6:39.3:38:34.9:31.291

ISBN 978-985-492-133-4

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2014

практика управления энергоресурсами на промышленных предприятиях… 400
РУБАНОВА Н.В., КУРСОВА И.Я. Государственное регулирование рынка транспортных услуг…….. 402
САМАРЦЕВ К.С., КАМИНСКАЯ С.О., САМАРЦЕВ С.Б. Тенденции развития инновационных технологий в образовании…… 404
СЕРГЕЙЧИК Н.А. Об инновационно-циклической теории как основе устойчивого экономического роста……. 406
СОРОКА В.Т., ПЕКЕРТ Н.А. Сравнительные преимущества в оценке перспектив развития сферы услуг национальной экономики……. 408
СТРИЖАКОВА Е.Н. Проблемы новой индустриализации в современной России……..…….. 410
ТОКМЕНИНОВ К.А., ТОКМЕНИНОВ А.К. Некоторые мероприятия повышения энергоэффективности в промышленности……. 412
ТРЕНИХИН А.П., БАРАНОВСКИЙ А.Г. Формирование системы показателей для оценки конкурентоспособности промышленных предприятий…… 414
ЧУГУЛЬКОВА Л.М., МЕДВЕДСКАЯ Т.В. Обеспечение эффективности банковского розничного бизнеса…….. 416
ЧУМАЧЕНКО О.И., ПУШКИНА Л.И. Проблемы и перспективы промышленного сектора экономики ……..…….. 418

.
СКРЯБИНА Г.И., СТАРОВОЙТОВ А.Г., ЧЕРКАСОВА И.А. Влияние гармонических составляющих напряжения и тока на показания приборов учета электроэнергии……...……. 361
ЧЕРНАЯ Л.Г., АБАБУРКО В.Н., НИКИТИН П.Ф. Подтверждение соответствия оборудования для работы во взрывоопасных средах……. 363

Секция 10. Развитие промышленного предприятия: экономика, финансы и инновации
АКУЛИЧ Т.С. Условия выбора оптимального режима валютного курса для стран с транзитивной экономикой……..... 365
АЛЕКСАНДРЁНОК М.С. Преимущества осуществления безналичных расчетов юридических лиц с использованием системы «Банк-клиент»…….. 367
АНИСИМОВ Ю.В., ЩЕРБАКОВА Ю.К. Пути повышения эффективности использования внеоборотных активов буровой компании…… 369
БАЛЬЧЕВСКАЯ О.В., ВЕРЕМЕЕВА И.А. Оценка оптимального уровня денежных средств организации…… 371
БАРАНОВСКИЙ А.Г., ТРЕНИХИН А.П. Показатели конкурентоспособности предприятия……. 373
БЛАЖЕВИЧ Г.Н., ЖЕЛТОК Н.С. Состояние, проблемы и предпосылки развития промышленного комплекса Республики Беларусь…… 375
БРЫЧ В.Я., ТКАЧЕНКО И.Г., ГЕВКО Б.Р. Изыскание ресурсо-и энергосберегающих технологий при производстве и эксплуатации корнеуборочных машин…….……. 377
ВЕРЕМЕЕВА И.А., БАЛЬЧЕВСКАЯ О.В. Управление денежными потоками организации на базе информационных технологий……... 379
ГОРОХОВСКАЯ Л.А. Влияние информационных технологий на роль финансового менеджмента в повышении эффективности управления предприятием……..... 381
ЗУБКОВ А.С. Состав нематериальных активов по национальным и международным стандартам учета……. 383
ИВУТЬ Р.Б. Оценка состояния и развитие логистической системы Республики Беларусь……. 385
КЛИМОВА Е.С. Развитие транспортно-логистических центров в Республике Беларусь……. 387
КОЛЕСНИКОВ А.В. Проблемы реструктуризации электроэнергетики Республики Беларусь в рамках принятой концепции…….. 389
МЕЛЬНИКОВА Е.Н. Проектная методика в обучении иностранному языку……..... 391
НЕЧАЕВА Т.Г., КОМАРОВА С.Л., ЛАЗАРЕВА О.В. Повышение конкурентоспособности предприятия на рынке изделий из ПВХ профиля… 393
ПЕКЕРТ Н.А., СОРОКА В.Т. Совершенствование налоговой системы, как фактор повышения конкурентоспособности предприятия……. 394
ПУЦЕНТЕЙЛО П.Р., СВИНТУХ М.Б. Экологические аспекты использования древесных топливных ресурсов…… 396
ПУШКИНА Л.И., ЧУМАЧЕНКО О.И. Проблемы инновационной деятельности предприятий Республики Беларусь…….. 398
РОМАНЬКОВА Т.В., ГРИНЕВИЧ М.Н. Энергологистика – наука и

УДК 621.3

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НИЛ «ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ» И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Л. Г. ЧЕРНАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Промышленная безопасность и деятельность научно-исследовательской лаборатории «Взрывозащищенное электрооборудование» объединены общими целями и задачами.

Деятельность НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» проводится в соответствии с договором №03-1301 от 08.05.2003 г. о сотрудничестве между Госпромнадзором МЧС Республики Беларусь и Белорусско-Российским университетом, являющимся специализированной (головной) организацией по взрывозащищенному электрооборудованию (ВЗЭО) и электроустановкам во взрывоопасных зонах Госпромнадзора.

Научно-исследовательская работа лаборатории связана с безопасной эксплуатацией электроустановок во взрывоопасных зонах, систем автоматизации и противоаварийной автоматической защиты взрывоопасных производств и объектов, повышением их надежности (рис. 1).

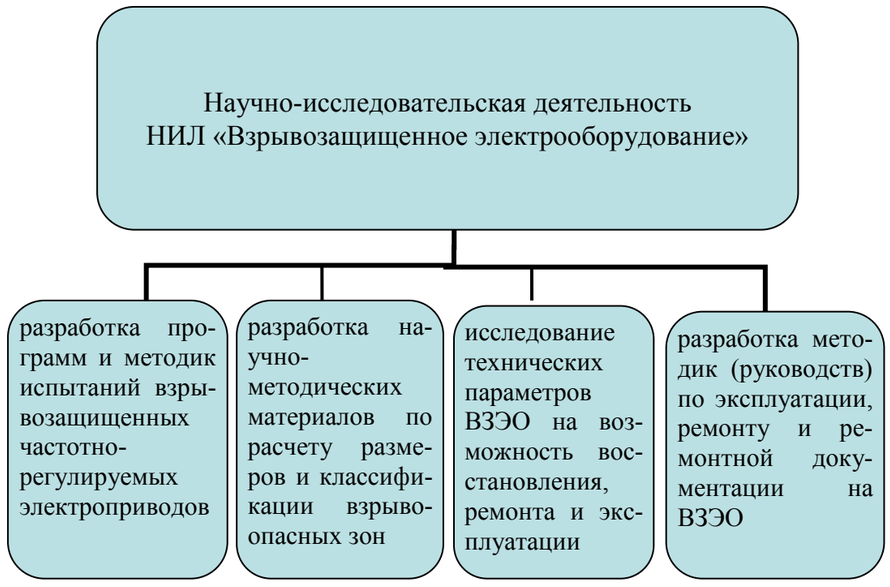


Рис. 1. Научно-исследовательская деятельность НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование»

В настоящее время на промышленных предприятиях нефтехимического комплекса Республики Беларусь проводится модернизация ранее спроектированных систем электроприводов с взрывозащищенными асинхронными электродвигателями, установленными во взрывоопасных зонах. При этом основная цель данной модернизации – повышение энергоэффективности существующей системы электропривода за счет установки преобразователя частоты в цепи питания взрывозащищенного асинхронного электродвигателя. Основной проблемой такой модернизации системы является проведение комплексной оценки взрывобезопасности созданной системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

Для автоматизации обработки результатов проводимых испытаний на взрывобезопасность частотно-регулируемого электропривода НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» создан программный комплекс «TermoDrive», который позволяет провести анализ и дать рекомендации по применению частотно-регулируемых электроприводов для взрывоопасных зон. При анализе вопросов взрывобезопасности исследуются:

– соответствия маркировки установленного ВЗЭО классу взрывоопасной зоны и категории и группе взрывоопасной смеси;

– значения максимальной температуры нагрева поверхности взрывозащищенного электродвигателя и соответствие предельно допустимому значению, согласно температуре воспламенения взрывоопасной зоны во всем диапазоне регулирования частоты вращения для всех режимов работы технологического механизма;

– возможности возникновения электрических разрядов в клеммной коробке электродвигателя;

– результаты натурных испытаний и сравнение их с проведенными расчетами.

В качестве исходных данных для теплового расчета используются, кроме паспортных данных асинхронного электродвигателя, параметры Т-образной схемы замещения, маркировка взрывозащиты, данные частотного преобразователя, законы частотного управления, характеристика кабеля, характеристика приводного механизма. Результаты теплового расчета позволяют определить допустимую полезную мощность взрывозащищенного самовентилируемого асинхронного двигателя, потребную мощность на валу приводного механизма при различных законах частотного управления. Данные натурного эксперимента вводятся в виде текстовых таблиц.

Окно программы «TermoDrive» представлено на рис. 2, результаты работы программы по определению безопасного диапазона регулирования представлены на рис. 3.

го контроля расслоений…… 324
ПРУДНИКОВ А.Н. Оценка напряженно-деформированного состояния линейной части магистральных нефтепроводов……..……. 325
САВЕНОК В.Е., ДОБАТОВКИНА А.А., МАРУЩАК А.С. Контроль и очистка сточных вод промышленного объекта…….. 326
СОТСКАЯ Л.И., БЕЛЬСКАЯ О.А., СОТСКИЙ А.Б. Дифракция Гауссова пучка на микроструктурном волокне……. 328
СТАСЬКОВ Н.И., ПАРАШКОВ С.О. Спектрофотометрический метод определения толщины слоя поликристаллического кремния в ПДП структуре…….……. 330
ХОМЧЕНКО А.В., ПРИМАК И.У., ВАСИЛЕНКО А.Н., ЗАЙЦЕВ А.В. Анализ полей механических напряжений в автомобильных закаленных стеклах…… 332
ХОМЧЕНКО А.В., КОРНЕЕВА И.А., ПРИМАК И.У., ЧУДАКОВСКИЙ П.Я. Рефлектометрические методы исследования свойств наноразмерных слоев на кремнии…… 333
ЦУПРЕВ Н.И. Анализ нестационарных случайных процессов…….. 335
ЧУДАКОВСКИЙ П.Я., ПАРАШКОВ С.О., СОТСКИЙ А.Б. Оценка оптического поглощения в пленке оксинитрида кремния…… 336
ШИЛОВ А.В., НОВИКОВ В.А. Определение области применения магнитного метода контроля с визуализацией полей дефектов на пленке… 338
Секция 9. Автоматизация, электропривод и электрооборудование
АБАБУРКО В.Н., ЧЕРНАЯ Л.Г., НИКИТИН П.Ф. Программный комплекс для проведения компьютерного тренинга по обслуживанию взрывозащищенного электрооборудования……...……. 340
БОЛОТОВ С.В., ТРУХАЧЕВ Ф.М., ГЕРАСИМЕНКО Н.В. Системы автоматизации на базе программно-аппаратного комплекса NATIONAL INSTRUMENTS……..……. 342
БОРЧИК Е.М., ЯКИМОВ А.И. О задаче многокритериальной оптимизации технологического процесса производства продукции…….. 343
ВАСИЛЕВСКИЙ В.П., СТОЛЯРОВ Ю.Д., ЯСЮКОВИЧ Э.И. Электронные образовательные ресурсы……..……. 345
ГАЛИНСКАЯ И.Г., СЕРГИЕНКО О.В., ВАЙНИЛОВИЧ Ю.В. Проблемы получения оптимального целочисленного решения в линейном программировании……... 347
ГАЛУШКО В.Н., КОРОЛЕНОК Т.С., БАХУР С.В. Программный инструментарий исследования параметров надежности и электропотребления…….…… 349
КОРОЛЕНОК Т.С., ГАЛУШКО В.Н., МОГИЛА В.С. Имитационная модель вентильно-индукторного двигателя…….. 351
КРУТОЛЕВИЧ С.К., ЗАХАРЧЕНКОВ К.В., МРОЧЕК Т.В. Оптимизация планирования производства машиностроительного предприятия…….. 353
КРУТОЛЕВИЧ С.К., ЩЕРБО Н.М., ЗАЙЧЕНКО Е.А. Технология разработки автоматизированных систем обработки информации…… 355
ПРУДНИКОВ В.М., ШИБЕКО Д.А., ВЫГОВСКАЯ Н.В. Применение Internet-технологий для разработки системы быстрого поиска пути в метро. 357
СЕРГИЕНКО О.В., ГАЛИНСКАЯ И.Г., ШЕБАН Т.Л. Использование теории типов информационного метаболизма в педагогической деятельности…… 359

грамма деформирования бетона при сжатии в условиях малоциклового нагружения…… 293
НАСКОВЕЦ М.Т., ДРАЧИЛОВСКИЙ А.И., КОРИН Г.С. Способ строительства дорожного покрытия с использованием геотекстильного материала…….. 295
ОПАНАСЮК И.Л., РОВСКИЙ А.М. Конструктивные решения повышения технико-экономических показателей возведения ленточных фундаментов…… 297
ОПАНАСЮК И.Л., РЕУТСКИЙ И.А. Технологические резервы повышения качества и технико-экономических показателей производства штукатурных работ……... 299
ПОЛОНСКИЙ М.Ч., ШАЛОБЫТА Н.Н. К перераспределению усилий в изгибаемых железобетонных балочных элементах, армированных ненапрягаемой стальной арматурой…….. 301
ПРОВАТОРОВА Г.В., ЯКОВЛЕВА К.М., ГАВРИЛОВ О.Ю. Пути повышения качества асфальтобетона……. 303
ПРОХОРЧИК С.А., ЧУЙКОВ А.С. Основные способы отверждения покрытий столярно-строительных изделий из древесины……... 305
СЕМЕНЮК Р.П., САКОВИЧ Д.Д., САЛАНОВИЧ А.С. Отделочный материал с использованием текстильного наполнителя…….. 307
СЕМЕНЮК С.Д., ЖИЛИНСКИЙ Д.И. Соединение колонн с перекрытиями в сборных конструктивных системах жилых зданий под социальное жилье…….. 308
СТЕПАНЦОВ Д.С. Влияние условий твердения бетона на начальные параметры карбонизации……. 309
ХМЕЛЬНИЦКИЙ Е.С. Особенности традиционных конструктивных решений крыш и перспективы их современного применения……. 311
ШАЛОБЫТА Н.Н., ДЕРКАЧ Е.А. Напряженно-деформированное состояние изгибаемых балочных элементов с несъемной опалубкой и комбинированным армированием…… 313
ШНЕЙДЕРОВ А.О., ГРИШИНА Н.А. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог по РУП «Могилевавтодор»…… 315
Секция 8. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды
АФАНАСЬЕВ А.А., ГОГОЛИНСКИЙ В.Ф., ПИСАРИК В.В., КЛИМОВИЧ Д.И., РОДИОНОВА К.А. Устройство контроля предельной температуры фильтруемости и прозрачности дизельного топлива…… 316
ВАСИЛЬЕВ А.А., ПЛИКУС Л.В. Модель изменения во времени щелочности поровой жидкости бетона……..…. 317
ЗУБКО В.И., ЗУБКО Д.В., СИЦКО Г.Н. Диэлькометрический метод контроля комплекса электрических свойств новых композиций электротехнического назначения на основе вторичных полимерных материалов… 319
КУШНЕР А.В., НОВИКОВ В.А. Достоверность магнитографического контроля изделий при намагничивании их перемещаемым постоянным магнитом через магнитоноситель…… 321
МАГИЛИГИНСКИЙ А.П. Магнитографический метод контроля сварных соединений узлов энергетических установок…….. 323
ПОЗДНЯКОВ В.Ф., ПРУДНИКОВ А.Н. Особенности ультразвуково-

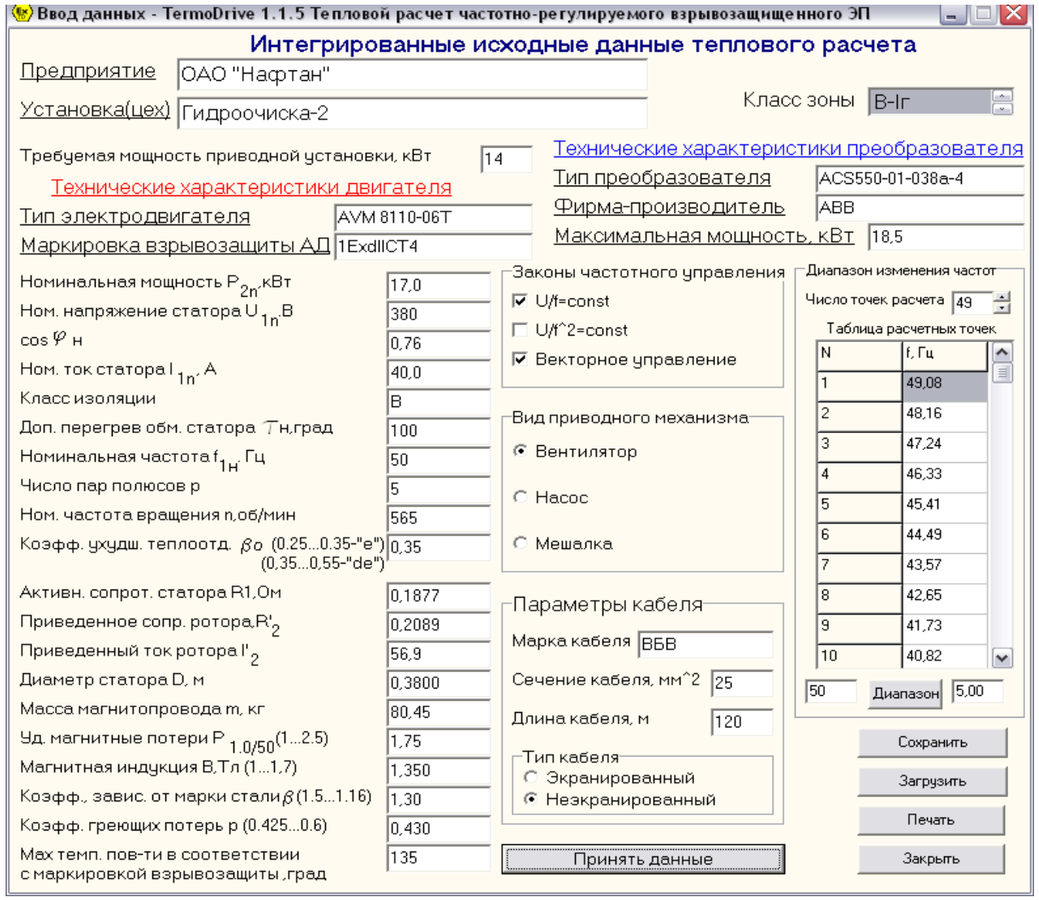


Рис. 2. Исходные данные теплового расчета частотно-регулируемого электропривода

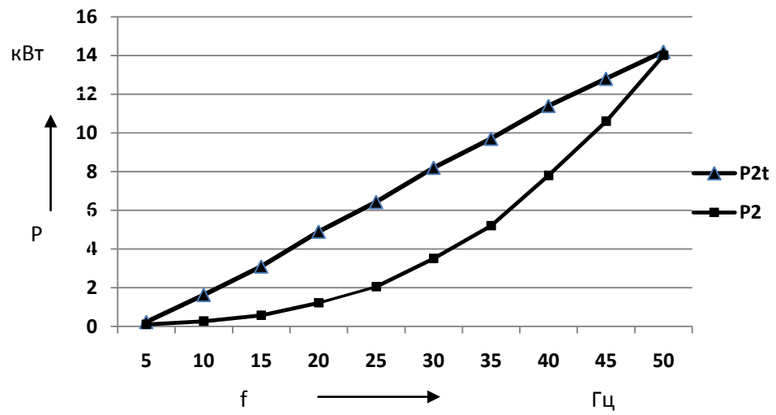


Рис. 3. Графики допустимой мощности двигателя P2t и потребной мощности на валу приводного механизма P2 в диапазоне частот для двигателя с номинальной мощностью 17,0 кВт, маркировкой по взрывозащите 1ExdIICT4

При условии соблюдения предложенных рекомендаций и технических решений, безопасность по взрывозащите, при эксплуатации частотно-регулируемых электроприводов во взрывоопасных зонах, обеспечивается в соответствие с действующими в Республике Беларусь техническими нормативными правовыми актами (ТНПА).

Полученные рекомендации внедрены на ОАО «Нафтан», ОАО «ГродноАзот», РУП «Производственное объединение «Белоруснефть».

В связи с принятыми новыми принципами классификации взрывоопасных зон согласно ГОСТ 30852.9-2002, возникла необходимость в разработке методики по ее определению для предприятий, имеющих взрывоопасные производства. Переход на новые принципы классификации взрывоопасных зон приводит не только к сокращению материально-технических затрат, но и позволяет:

– получить наглядную картину, отражающую уровень опасности и размеры взрывоопасных зон;

– оценить надежность проектных решений;

– оценить необходимый парк взрывозащищенного электрооборудования, эксплуатируемого в пределах рассчитанных зон;

– оценить возможность создания резерва за счет взрывозащищенного электрооборудования, оказавшегося за пределами рассчитанных зон;

– воспользоваться возможностью применения современного недорогостоящего электрооборудования с взрывозащитами видов «m», «nA», «nC», «nL», «nR», «nZ» для зон класса 2.

Разработанная НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» методика классификации взрывоопасных зон в соответствие с требованиями стандарта, определяет чёткие границы пространств повышенного риска. В результате определения размеров и классов взрывоопасных зон становится возможными рациональный выбор и размещение электрооборудования с точки зрения взрывобезопасности. Электрооборудование, которое оказалось внутри взрывоопасных зон, должно быть взрывозащищенным с определенным уровнем взрывозащиты и степенью защиты оболочки. В остальных случаях может быть использовано электрооборудование общего назначения.

На рис. 4 представлены результаты расчета взрывоопасных зон для ПТК «Химволокно», ОАО «Гродно Азот».

ТРОФИМЕНКО И.Л., Вепринцев Н.В. Исследование возможности использования летнего дизельного топлива с добавкой ДОТ-4 в условиях низких температур…… 253

Секция 7. Прогрессивные технологии, конструкции и материалы в строительстве

АЛЕКСЕЕВА О.В., БЕЛОУСОВ Л.И., ЗАЙЦЕВ В.Д. Состояние автодорожного моста через реку Днепр по проспекту Шмидта в г. Могилеве… 255

БАРАНОВСКАЯ Е.И., МЕЧАЙ А.А. Использование торфяной золы в составе ячеистобетонных смесей…… 257

ВРУБЛЕВСКАЯ В.В. Моделирование сварного крестообразного соединения из арматурных стержней малого диаметра…… 259

ГОЛУШКОВА О.В., ТАРАСЕНКО Д.С., МИНЧЕНЯ М.В. Анализ основных факторов развития строительства в Республике Беларусь…….. 261

ДАНИЛОВ С.В. Показатели качества железобетонных колонн……. 263

ЖУК В.В. Экспериментальные исследования фрагментов несъемной опалубки стен из цементно-стружечных плит…… 265

ЖУК В.В. О техническом состоянии перегородок туалета на площадке отдыха в Пружанском районе……. 267

ИГНАТОВ С.В. Определение консистенции флювиогляциальной супеси по результатам динамического зондирования……. 269

ИЛЮКОВИЧ Д.С., СЕРГЕЕВА А.М., ПАРАХНЕВИЧ В.Т. О заилении водопропускных труб…… 271

КАТЬКАЛО Ю.А., КАТЬКАЛО А.А., ТУЛУЕВСКИЙ Н.В. Применение электронных тахеометров для контроля качества работ при строительстве дорог…….. 272

КОЗУНОВА О.В. Верификация вариационно-разностного подхода аналитическим решением контактной задачи «балочная плита-слоистое основание»……. 274

КОРБУТ Е.Е., ГУТНИК Я.Ю., ПАПСУЕВА А.В. Анализ опыта утилизации строительных отходов…….. 276

КУЗМЕНКО Д.О., БОГДАНОВ С.В., КУЗМЕНКО И.М. Современные пути и методы снижения металлоемкости двутавровых балок (стоек)…… 278

ЛАПАТИН П.В. Упрочнение оснований плитных фундаментов методом вертикального армирования…… 280

ЛАТУН Т.С., КУРНОСЕНКО Л.В., ЦУМАРЕВ Ю.А. Совершенствование конструкции сварной трубчатой фермы……... 282

ЛЕОНОВИЧ И.А., АЛЕКСАНДРИКОВ А.А. Прогрессивные технологии и материалы при строительстве теплотрасс……. 283

МАКАЦАРИЯ Д.Ю., МАРТИНОВИЧ Д.В. Способы доставки асфальтобетонной смеси, используемые в дорожной отрасли…… 285

МАЛИНОВСКИЙ В.Н., МАТВЕЕНКО Н.В. Усовершенствованный каркас одноэтажного производственного здания……. 287

МЕЛЬЯНЦОВА И.И., ДИВАКОВА Г.А., МАМОЧКИНА М.Г. Прочностные и деформативные характеристики керамзитбетона класса 10/12,5 по результатам испытаний…… 289

МЕЛЬЯНЦОВА И.И., ДИВАКОВА Г.А., МАМОЧКИНА М.Г. Прочностные и деформативные характеристики керамзитбетона класса 16/20 по результатам испытаний…… 291

МОСКАЛЬКОВА Ю.Г., САМОЛЫГО Т.С., СЛАДИКОВ Д.М. Диа-

регламентации установки дорожных знаков на автодорогах Республики Беларусь…….…. 220
ЛИННИК Д.А. Стенд имитационных испытаний вторичного подрессоривания кабины водителя колесного трактора……... 222
ЛОБАХ В.П., КОВАЛЕНКО Н.А., ДАНИЛКОВИЧ Р.Н., КАЛЯДИН А.В. Расчет модулятора АБС……..… 224
МАКАРЕВИЧ С.Д. Разработка и внедрение мероприятий, исключающих возникновение пожаров тракторов серии 3022 производства РУП «МТЗ»……. 226
МАКАРЕВИЧ С.Д., АНИСКОВИЧ А.В. Результаты исследований по установлению причин возгорания тракторов производства РУП «МТЗ» серии 3022…….. 228
МАКАРЕВИЧ С.Д., МАКАРЕВИЧ Д.М., АНИСКОВИЧ А.В. Результаты испытаний стационарной установки газового пожаротушения трактора «Беларус» серии 3022…… 230
МАТУСЕВИЧ С.В. Расчет на персональном компьютере оптимальных параметров вентиляции для предприятий автотранспорта……. 232
МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., БИЛЫК О.В. Регулирование зазоров между поверхностями трения в тормозном механизме... 233
МРОЧЕК В.И., МРОЧЕК Т.В. Восстановление работоспособности шиномонтажного оборудования……. 234
ПЕТРЕНКО М.Л., ЮШКЕВИЧ А.В., МЕЛЬНИКОВ А.С. Электронно-гидравлические системы активной безопасности мотоциклов…… 235
ПИКУЛЕНКО В.В. Эффективность использования системы спутникового мониторинга автотранспорта……..... 236
ПИЩОВ С.Н., МОХОВ С.П., АРИКО С.Е., ГОЛЯКЕВИЧ С.А. Результаты экспериментальных исследований мобильной канатной трелевочной машины «Беларус»…… 238
ПРОТАС П.А., КЛОКОВ Д.В. Оценка напряженно-деформированного состояния лесотранспортных путей при воздействии колесных движителей…….. 240
РОГОЖИН В.Д., СЕМЕНОВ И.Н. Разработка методики нормирования трудоемкости для некоторых видов работ в технологическом проектировании организаций автосервиса…… 242
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., КИ-ЙОНГ ЧОЙ. Уравнения кинематических связей качения упругого пневматика по недеформируемой опорной поверхности…… 244
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., КИ-ЙОНГ ЧОЙ, АМЕЛЬЧЕНКО Н.П., БИЛЫК О.В., БИЛЫК С.Ю. Способы гашения низкочастотных колебаний на сиденье водителя колесного трактора…….. 246
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., КИ-ЙОНГ ЧОЙ, АМЕЛЬЧЕНКО П.А., СТАСИЛЕВИЧ А.Г. Метод исследования динамики разгона колесного трактора…….…. 248
СИМАНОВИЧ В.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., СМЕЯН А.И., БОБРОВИЧ В.А. Результаты исследований нагруженности трансмиссий трелевочных тракторов…… 250
СИМАНОВИЧ В.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., БОБРОВСКИЙ С.Э., БОБРОВИЧ В.А. Эксплуатационно-технологические исследования работы колесных трелевочных тракторов…….. 252

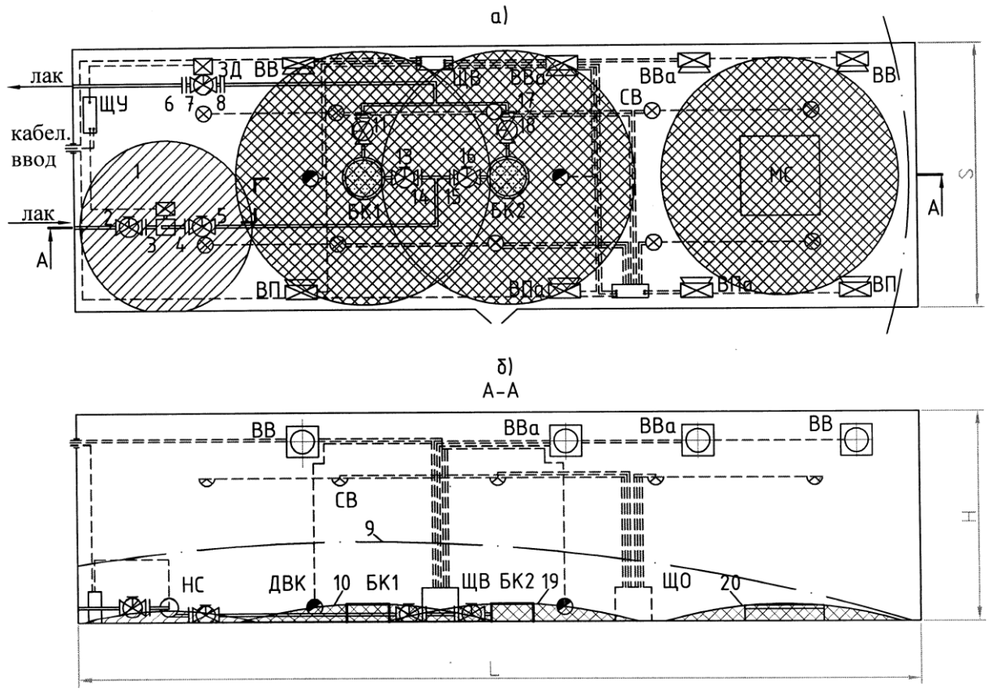


Рис. 4. План помещения сушильно-пропиточного отделения цеха с размещением взрывоопасных зон (центрами окружностей являются центры источников утечки 1-20 (а); размещение взрывоопасных зон в сечении А-А, размеры зон представлены дугами окружностей (б): НС – насос; ЗД – задвижка; БК – бак; МС – место сушки; ПВ – приточный вентилятор; ВВ – вытяжной вентилятор; ПВа – приточный вентилятор аварийный; ВВа – вытяжной вентилятор аварийный; ДВК – датчик довзрывоопасной концентрации; ЩВ – щит вентиляции; ЩО – щит освещения; ЩУ – щит управления; СВ – светильник; L – длина помещения; S – ширина помещения; Н – высота помещения; кабельные трассы обозначены штриховыми линиями

С целью безопасной эксплуатации и ремонта взрывозащищенного электрооборудования, в рамках хозяйственных договоров с ведущими предприятиями Республики Беларусь, такими как: ОАО «Мозырский НПЗ», г. Мозырь; РУП «Производственное объединение Белоруснефть», г. Гомель; ОАО «Нафтан», г. Новополоцк; ОАО «Гродно Азот», г. Гродно; Завод «Полимир» ОАО «Нафтан», г. Новополоцк НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» проводит исследования технических параметров взрывозащищенного электрооборудования и разрабатывает ремонтно-эксплуатационную документацию на взрывозащищенные электродвигатели, контрольно-измерительные приборы.

Объем выполненных работ по хозяйственным договорам в 2013 г. составил 1 561,354 млн р.

В связи с введением в действие технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012/2011) и перечней ТНПА к техническому регламенту, одной из важнейших, с точки зрения обеспечения промышленной безопасности, является проблема непрерывного профессионального образования кадров – ответственных лиц (руководящих работников), технических работников с исполнительной функцией (специалистов). Институт повышения квалификации и переподготовки кадров Белорусско-Российского университета проводит повышение квалификации и аттестацию специалистов по направлению «Техническое обслуживание (эксплуатация, ремонт, монтаж и наладка), конструирование, изготовление взрывозащищенного электрооборудования, КИП и А, проектирование электроустановок во взрывоопасных зонах в автоматизированном производстве».

С целью повышения качества обучения и контроля знаний НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» выполнена разработка комплекса программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс повышения квалификации, переподготовки и аттестации специалистов, занятых проектированием, эксплуатацией и ремонтом взрывозащищенного электрооборудования (ВЗЭО). Структура комплекса программного обеспечения представлена на рис. 5.

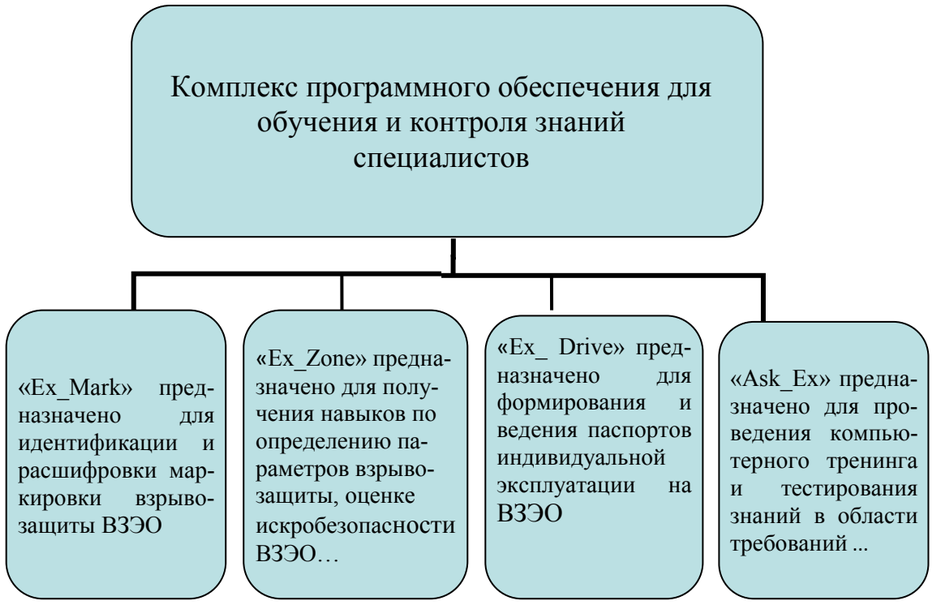


Рис. 5. Структура комплекса программного обеспечения для обучения и контроля знаний специалистов

Объем выполненных работ по повышению квалификации и аттестации специалистов в 2013 г. составил 450,000 млн р.

ЛУПАЧЕВ А.Г., СОЛОДКОВ М.Ж., ТИХОНОВИЧ С.И. Сварка цилиндрического резервуара для хранения и отгрузки дизельного топлива… 189
ЛУПАЧЕВ А.Г., ФЕТИСОВА Е.А. Работоспособность сварных соединений стали A335GrP9 ASME-B30.10…….. 191
ПОЛЯКОВ А.Ю., ФУРМАНОВ С.М., ХУДОЛЕЙ Р.Г. О выборе циклограммы тока при контактной рельефной сварке пакетных соединений… 192
СИНИЦА А.Н., СОЛОДКОВ М.Ж. Влияние современных технических средств на достоверность и производительность металлографических исследований…… 194
ЦУМАРЕВ Е.Н., ЦУМАРЕВ Ю.А., ИГНАТОВА Е.В., ШЕЛЕГ В.К. Применение метода хрупких тензочувствительных покрытий для гибридных соединений……..... 195
ЯКУБОВИЧ Д.И. Применение модифицированных сварочных материалов для дуговой сварки и наплавки…… 196
Секция 5. Проектирование, производство и эксплуатация строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин
КУЗЕМКИН Д.М., ДОВГЯЛО В.А. Анализ подбора рациональных материалов для демпфирующих элементов конвейера…… 197
ЛАГЕРЕВ А.В., БОСЛОВЯК П.В., ЗУЕВА Е.П. Разработка алгоритма проектирования металлоконструкции конвейера с подвесной лентой……... 199
ЛАГЕРЕВ А.В., БОСЛОВЯК П.В., ЗУЕВА Е.П. Этапы процесса создания оптимальных металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой.. 201
ЛАГЕРЕВ И.А. Универсальная методика моделирования динамики крано-манипуляционных установок…… 203
ЛЕСКОВЕЦ И.В., БУЖИНСКИЙ А.Д., ЛЕОНЕНКО О.В., РОМАЧКО А.А. Выбор параметров подвески задней полурамы самосвала повышенной проходимости…… 205
ПАРТНОВ С.Б., ВЕРЕТЕННИКОВ П.С. Вибрационный каток с вибровозбудителем комбинированного действия…….. 207
ПОПОВ В.Б. Определение приведенного модуля объемной упругости участка напорной магистрали гидропривода…….. 209
Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта
АРИКО С.Е., СИМАНОВИЧ В.А., СМЕЯН А.И., ПИЩОВ С.Н. Особенности выбора параметров валочно-сучкорезно-раскряжевочных головок 211
BAKOWSKI A., RADZISZEWSKI L., JAROSZEWICZ J. Analytical and experimental model of the diesel engine ingector……. 213
ГЕРАЩЕНКО В.В., БИЛЫК О.В., ЛИХТАР С.В., АНДРЕЕВ И.Н. Выбор параметров измерительных устройств стенда для диагностирования дизельных двигателей…… 215
ГЕРАЩЕНКО В.В., МИРОНОВ К.Д., САНДРИГАЙЛО Е.С. Диагностирование приборов транспортных машин…….. 216
ГОЛЯКЕВИЧ С.А., МОХОВ С.П., ПИЩОВ С.Н., АРИКО С.Е. Эффективность применения форвардера в условиях ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз»…… 217
ЖАРАВОВИЧ Е.В., ФОЙНИЦКАЯ И.Н., ЖИКАНОВ А.А. Принципы создания системы раннего предупреждения о формировании условий возникновения аварий в техногенных и биосоциальных системах……... 218
КОВАЛЕНКО Н.А., ГОНЧАРОВ Ю.В., ЛОБАХ В.П. Анализ методов

вии высоких контактных давлений…….. 157
СТЕЦЕНКО В.Ю., БАРАНОВ К.Н. Термовременная обработка отливок из силумина АК18 при литье направленным затвердеванием от стержня……. 159
СТЕЦЕНКО В.Ю., НОВИКОВ В.В. Получение биметаллических заготовок «Ст45Л-антифрикционный силумин АК15М3» диаметром 55 мм… 161
УРЕЦКАЯ О.В., ДРОБЫШЕВСКАЯ Н.Е., ПОДДЕНЕЖНЫЙ Е.Н. Люминофорные покрытия для светодиодов с использованием наноструктурированных порошков YAG……..... 162
ХАБИБУЛЛИН А.И., ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛИПСКИЙ А.Э. Анализ дефектов, возникающих при обработке отверстий в изделиях из дисперсно-упрочненной меди……. 164
ХАБИБУЛЛИН А.И., ЛОВШЕНКО Ф.Г. Исследование влияния параметров инструмента и режима резания на процесс обработки отверстий в заготовках из дисперсно-упрочненной меди……. 166
ХОТЯНОВИЧ О.Е., ШЕВЧУК А.А. Разработка технологии получения гексафторсиликата цинка из техногенного сырья…….. 168
ШАШОК Ж.С., ВИШНЕВСКИЙ К.В., ДУРАС А.О. Полимерные диеновые композиции с углеродным наноматериалом……. 170
ШАШОК Ж.С., ВИШНЕВСКИЙ К.В., ЛЕШКЕВИЧ А.В. Особенности свойств композиций на основе полярных каучуков с углеродным наноматериалом……. 171
ШЕМЕНКОВ В.М., ЛОВШЕНКО Ф.Г., ШЕМЕНКОВА А.Л., Структурно-фазовое модифицирование режущей оксидно-карбидной керамики… 172
ШУТОВА А.Л., ГЛОБА А.И., ПРОКОПЧУК Н.Р., ВИНГЛИНСКАЯ Е.И. Антикоррозионные алкидные грунтовки на основе фосфатных пигментов……. 173
ЩЕПОЧКИНА Ю.А. Использование отходов производства пластиковых окон для армирования гипсовых изделий…….. 175
Секция 4. Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве
БЕНДИК Т.И., ДЕСЯТНИК В.В., КЛЕПЧУКОВ Ю.В. Расчет напряженно-деформированного состояния несущих элементов торцевой стены полувагона……. 176
БОЛОТОВ С.В., БЕЛЯГОВ А.М. Установка для испытаний источников питания дуговой сварки……... 178
ГАЛЮЖИН Д.С., ЛИПСКИЙ А.Э., КАЛЕНТИОНОК Р.А., ДАНИЛКИН А.В. Техника безопасности при газопламенной сварке……. 180
ДЕСЯТНИК В.В., БЕНДИК Т.И., ТАРАСЕНКО И.В. Об использовании собственных напряжений и твердых прослоек для обеспечения устойчивости конструкций……. 182
ЕМЕЛЬЯНОВ С. Н., ПОПКОВСКИЙ В.А. О выборе параметров технологического процесса контактной точечной сварки оцинкованных сталей 183
КАДРОВ М.А., КОРОТЕЕВ А.О., КУЛИКОВ В.П. Особенности реализации комбинированной подачи компонентов защитной газовой смеси в зону горения дуги при сварке…….. 185
КОРОТЕЕВ А.О., КУЛИКОВ В.П., ЛИПКОВ В.В. О потерях электродного металла при дуговой сварке с комбинированной подачей защитного газа…….. 187

НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» привлекает студентов на условиях оплаты участвовать в работах по хозяйственным договорам. На базе НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» создано студенческое конструкторское бюро. Студенческая научно-исследовательская работа выполняется по направлению: «Проведение исследований технических параметров взрывозащищенного электрооборудования, разработка и согласование методик (руководств) по эксплуатации, ремонту и ремонтной документации на взрывозащищенное электрооборудование». Результаты студенческой научно-исследовательской работы:

– внедрены в производство в соответствии с заключенными хозяйственными договорами;

– используются в учебном процессе на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» при чтении лекций и выполнении курсовых работ по дисциплинам «Автоматизация типовых технологических установок и комплексов», «Информационно-измерительные системы автомобилей и тракторов», «Векторное управление электроприводами переменного тока» под руководством доц. Черной Л.Г., ст. преп. Абабурко В.Н.

Сотрудники НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» в составе комиссии Госпромнадзора принимают участие в обследовании состояния охраны труда и промышленной безопасности предприятий (РУП «Производственное объединение «Белорусьнефть», «Белорусский газоперерабатывающий завод», г. Речица, 25–29 марта 2013 г.; ОАО «Гродно Азот», г. Гродно, 10–13 марта 2014 г.) по направлениям:

– соблюдение порядка технического расследования причин и учета аварий и инцидентов; выполнение мероприятий по актам технического расследования аварий и инцидентов; соблюдение порядка специального расследования причин и учета несчастных случаев;

– организация эксплуатации средств контроля, управления и противоаварийной автоматической защиты; выполнение планов мероприятий по замене средств КИП и А; проведение анализа причин отказов в работе приборов, применяемые меры;

– надежность электроснабжения, состояние эксплуатации электроустановок; организация эксплуатации и ремонта ВЗЭО.

В настоящее время ведется работа о создании на базе Белорусско-Российского университета органа по сертификации взрывозащищенного электрооборудования на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011«О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

УДК 621.787

ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТЫВАНИЯ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А. М. ДОВГАЛЕВ, Д. М. СВИРЕПА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В машиностроении изготавливается широкая номенклатура деталей пар трения к качественным характеристикам рабочей поверхности которых предъявляются высокие требования. Повышение качественных и эксплуатационных свойств поверхности деталей обеспечивают применением на финишных операциях технологического процесса методов поверхностного пластического деформирования.

Однако традиционные технологии поверхностного пластического деформирования в определенной мере исчерпали свои технологические возможности. В связи с этим большой научный и практический интерес представляют современные технологии поверхностного пластического деформирования, к числу которых относится технология магнитно-динамического раскатывания, разработанная в Белорусско-Российском университете.

Основой предложенной технологии является новый метод магнитно-динамического упрочнения, при котором обеспечивается непрерывное или периодическое взаимодействие деформирующих шаров с обрабатываемой поверхностью детали за счет энергии постоянного или переменного магнитного поля инструмента. При этом энергия магнитного поля инструмента используется для сообщения деформирующим шарам рабочих колебательных движений. Динамическое воздействие деформирующих шаров на поверхность упрочняемой детали позволяет интенсифицировать процесс поверхностного пластического деформирования и сформировать модифицированный поверхностный слой с высокими эксплуатационными характеристиками [1–4].

Для реализации технологии магнитно-динамического раскатывания поверхности отверстия разработан раскатник (рис. 1), содержащий: корпус 1; диски 2, 3; деформирующие шары 4, установленные в кольцевой камере 5; магнитную систему в виде обоймы 6 и цилиндрических постоянных магнитов 7, магнитопроводных вставок 8, расположенных в радиальных отверстиях обоймы с равномерным угловым шагом и последовательным чередованием полюсов N и S. Корпус 1, диски 2, 3 и обойма 6 изготовлены из немагнитопроводного материала. Диски 2, 3 зафиксированы на обойме 6 шайбой 9.

Инструмент работает следующим образом. Оправку 10 инструмента посредством винта 11 закрепляют в шпинделе, а деталь 12 – в приспособлении станка. Инструмент вводят в отверстие детали 12, сообщают ему вращатель-

ний в системах Cu–Cr–Zr и их влияние на свойства материалов…….. 122
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ФЕДОСЕНКО А.С. Исследование износостойкости газотрмических покрытий……..…….. 124
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ФЕДОСЕНКО А.С., ЛИПСКИЙ А.Э. Закономерности формирования высоколегированных порошков на основе железа и покрытия из них…… 126
МАЧУЧКО С.К. Стекловидные покрытия в производстве керамической плитки для внутренней облицовки стен однократным обжигом……. 128
МЕЛЬНИК Ю.А., МЕЛЬНИК А.В. Альтернативные методы расчета фрактальной размерности ЦММР…… 130
МОЗГАЛЁВ В.В., ПРОКОПЧУК Н.Р. Исследование композиций для уплотнений с применением вторичного сырья……. 132
МЯДЕЛЕЦ В.В., КАСПЕРОВИЧ А.В., ТУРКО М.С. Использование модифицированного эластичного наполнителя в рецептурах эластомерных композиций…… 134
НОСИКОВ А.С., ЖОГАЛЬСКИЙ А.Н., ПАВЛОВСКИЙ А.Н. Анализ различных способов устранения жесткости воды…… 135
ОНЫСЬКО С.Р., ТОМАШЕВ И.Г. Исследование тонкопленочного покрытия на основе карбонитрида циркония……... 136
ПАВЛЮКЕВИЧ Ю.Г., ГУНДИЛОВИЧ Н.Н., ДЕРЕВЯГО М.В. Керамические мембраны для дисперсных гидросистем…….. 138
ПАВЛЮКЕВИЧ Ю.Г., КРАВЧУК А.П., МАРУХИН А.И. Использование твердофазных реагентов при упрочнении листового стекла низкотемпературным ионным обменом……..... 140
ПАНКРАТОВ И.А., СТЕПАНКИН И.Н. К вопросу определения структурообразования борированного слоя на стальной подложке посредством атомно–силовой микроскопии……. 142
ПОЗДНЯКОВ Е.П., СТЕПАНКИН И.Н. Опыт применения экономнолегированной конструкционной стали 35ХГСА для замены высоколегированных сталей при изготовлении деталей машин трения…… 144
ПОЛОНИК В.Д., ПРОКОПЧУК Н.Р. Свойства вулканизатов с фторполимерной добавкой…….. 146
ПОПЕЧИЦ В.И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей…….… 147
ПРОКОПЧУК Н.Р., КАЮШНИКОВ С.Н., ПОЛОНИК В.Д. Резиновые смеси с композиционным активатором…….. 149
РЕВЯКО М.М., ПЕТРУШЕНЯ А.Ф., ЯЦЕНКО В.В. Древесно-полимерный композит для производства деталей мебели…….…….. 150
РЕВЯКО М.М., ХРОЛ Е.З., ЗАЙЧИК П.М. Полимерные композиционные материалы для ротационного формования……... 152
РЫЖЕНКО М.М. Повышение прочности полимерных подшипников скольжения армированных отходами стекловолокна в ультразвуковом поле 154
СТАРОВОЙТОВ А.М., ГОЛОЗУБОВ А.Л., ГОЛОЗУБОВА А.А. Использование тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий для упрочнения металлических поверхностей, работающих в условиях высоких контактных давлений……. 155
СТАРОВОЙТОВ А.М., ГОЛОЗУБОВ А.Л., ГОЛОЗУБОВА А.А. Оптимизация технологии нанесения тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий для защиты металлических поверхностей от износа при дейст-

РЮМЦЕВ А.А., КИРПИЧЕНКО Ю.Е. Разработка конструкции нагружающего устройства машины трения…….. 85
САЗОНОВ И.С., ЛУСТЕНКОВ М.Е., ПРУДНИКОВ А.П. Исследование изгибной прочности кулачков передач с промежуточными телами качения…….. 87
САЗОНОВ И.С., ЛУСТЕНКОВ М.Е., ФИТЦОВА Е.С. Конструкция карданного вала с передачей с промежуточными телами качения……. 88
СИНИЙ С.В., ГЕВКО Р.Б., ВАРГОЛЯК Н.Я. Лабораторное исследование очистных рабочих органов и поверхностей……. 89
СЪЯНОВ С.Ю. Нетрадиционные методы обработки для обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин…… 91
ФОМЧЕНКО М.М., ПОЛЯКОВ А.Г. Разработка карабина пожарного. 93
JAROSZEWICZ J., RADZISZWSKI L. The influence of mass and rigidity parameters on torsional vibrations of shafts…… 94
Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий
БЕВЗА В.Ф. Влияние высокотемпературной обработки на свойства чугуна «Нирезист»…… 96
БЕВЗА В.Ф., ГРУША В.П., КРАСНЫЙ В.А. Влияние технологических параметров литья на качество полых заготовок из чугуна……. 98
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ М.А., КУРИЛЁНОК А.А., СОСНОВСКИЙ И.А., КУЗНЕЧИК О.О. Применение наноразмерных модификаторов для повышения свойств антифрикционных покрытий……..... 100
ВЕРЕМЕЙЧИК А.И., БАТРАК В.В., САЗОНОВ М.И. Высокоэффективный способ упрочнения поверхностного слоя чугунных изделий…… 102
ВЕРЕЩАГИН М.Н., КИРИЛЮК С.И. Изучение механизмов измельчения ленты аморфизирующегося сплава в планетарной мельнице……. 104
ВЫСОЦКИЙ Т.В., ВЫСОЦКИЙ В.Т. Износостойкость спеченных сталей…….. 106
ГЛОБА А.И., КРУТЬКО Э.Т., ПРОКОПЧУК Н.Р. Новый способ создания антикоррозионного покрытия на основе меламиноалкидных смол……. 108
ГРУША В.П. Литье полых заготовок направленным затвердеванием из высокопрочного чугуна для деталей горнопроходческих комбайнов…… 110
ДАЙНЕКО С.В., ИСМАИЛОВ Д.Р., ПУЗЫРЕВ М.В. Получение многослойных тонкопленочных покрытий лазерно-плазменным методом……. 112
ДЕВОЙНО О.Г., ЛУЦКО Н.И., КАВАЛЬЧУК О.Н. Микротвердость однослойных композиционных покрытий, получаемых лазерной наплавкой 114
ЖОГАЛЬСКИЙ А.Н., ЗЫЛЬКОВ В.П., САХАНКОВ В.В. Коррозия металлов в растворе нитрата натрия…….. 116
КАСПЕРОВИЧ А.В., КРОТОВА О.А., МАЛАШЕНКО А.А. Модификатор адгезии в системе «шинная резина-металлокорд»……. 117
КОМАРОВ Ф.Ф., КОНСТАНТИНОВ С.В., ПИЛЬКО В.В. Радиационная стойкость и механические свойства наноструктурированных покрытий TiN, TiA1N, TiA1YN …… 118
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ЛОЗИКОВ И.А. Закономерности формирования механически легированных композиций системы Cu–Cr 120
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ЛОЗИКОВ И.А. Закономерности протекания термически инициируемых структурно-фазовых превраще-

ное движение и перемещают с рабочей подачей вдоль обрабатываемой поверхности. Вращающиеся вместе с обоймой 6 цилиндрические постоянные магниты 7 периодически воздействуют магнитным полем на деформирующие шары 4 и перемещают их в окружном направлении кольцевой камеры 5. В результате на деформирующие шары 4 одновременно действуют центробежная и периодическая магнитная силы, соответственно прижимающая и отрывающая их от упрочняемой поверхности. Под действием магнитной силы деформирующие шары периодически отрываются от поверхности детали, осуществляют ее динамическое упрочнение и формируют модифицированный поверхностный слой [5, 6].

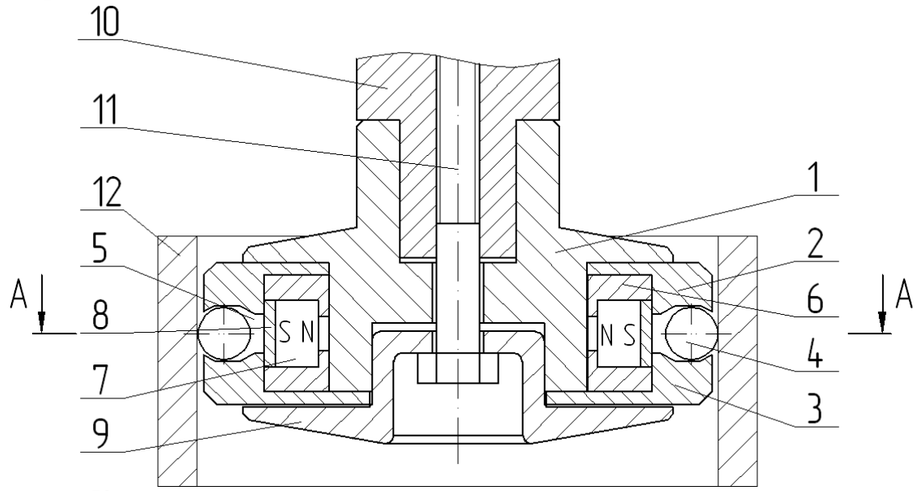


Рис. 1. Конструкция магнитно-динамического раскатника для отделочно-упрочняющей обработки поверхности отверстий

Разработанная технология магнитно-динамического раскатывания обеспечивает следующие преимущества:

– снижение шероховатости поверхности

Исходная шероховатость, Ra, мкм	Шероховатость после упрочнения, Ra, мкм
6,30–1,60	0,8–0,2
1,60–0,32	0,4–0,1
0,32–0,16	0,1–0,05

– упрочнение поверхностного слоя детали на глубину 0,1–2 мм;

– повышение исходной микротвердости на 35–40 %;

– снижение коэффициента трения на 18–25 %;

– получение на поверхности детали маслоудерживающего микрорельефа, повышающего износостойкость деталей пар трения в 1,8–3 раза;

– упрочнение деталей с твердостью поверхностного слоя до 60 HRC;

– отсутствие деформации упрочняемых нежестких заготовок;

– повышение производительности процесса упрочнения (за счет увеличения подачи инструмента) в 1,5–3 раза;

– в ряде случаев обеспечивается исключение из технологического процесса изготовления деталей операции шлифования;

– реализация процесса упрочнения как на универсальном, так и на специальном оборудовании, причем без вращения заготовки.

Развитием технологии магнитно-динамического упрочнения является ее применение для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей деталей и наружных поверхностей вращения.

На рис. 2 представлен накатник для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей. Он содержит: корпус 1; кольцевые сообщающиеся камеры 2, 3; деформирующие шары 4, приводные шары 5; магнитную систему на основе цилиндрических постоянных магнитов 6; кольцевой магнитопровод 7; крышку 8; оправку 9; винт 10 [1, 7 – 9].

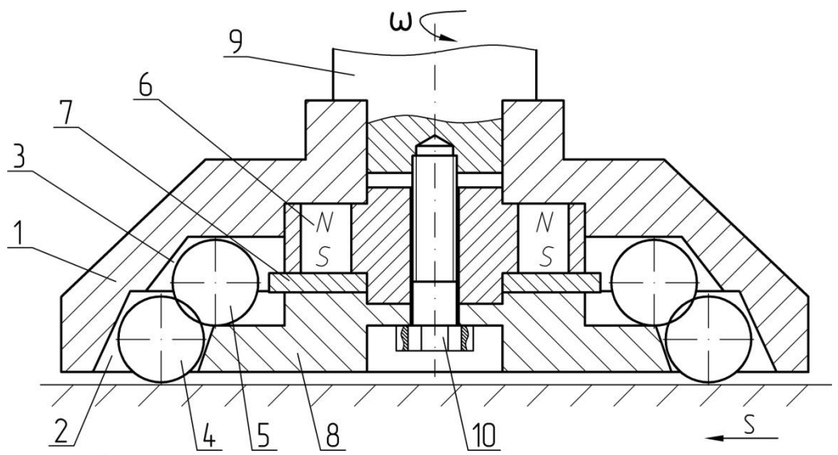


Рис. 2. Конструкция накатника для магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей

Оправку 9 закрепляют в шпинделе, а упрочняемую деталь – на столе станка. Инструменту сообщают вращательное движение, а деталь перемещают с продольной подачей. Приводные шары 5 разгоняются магнитным полем цилиндрических постоянных магнитов 6 вдоль кольцевой камеры 3. В результате приводные шары 5 периодически взаимодействуют с деформирующими шарами 4. В свою очередь, деформирующие шары 4 наносят динамические удары по поверхности детали, осуществляя ее упрочнение.

Для отделочно-упрочняющей обработки наружных поверхностей вращения разработан инструмент, изображенный на рис. 3. Инструмент включает: стаканы 1, 2; сообщающиеся кольцевые камеры 3, 4; деформирующие шары 5; шары-отражатели 6; цилиндрические постоянные магниты 7, 8 и магнитопроводы 9, 10. Цилиндрические постоянные магниты 7, 8 и магнитопроводы 9, 10 установлены с равномерным угловым шагом в радиальных отверстиях стаканов 1, 2.

зубчатых колес……..... 46
РУДАК П.В., КУИС Д.В., РУДАК О.Г. Система эффективного улавливания стружки и пыли при фрезеровании древесных материалов…….. 48
РЯЗАНЦЕВ А.Н. Оптимизация нарезания витков червяков на токарных станках с ЧПУ……..... 50
СВИРЕПА Д.М., СУХОЦКИЙ С.А., СЕМЕНОВА А.С. Исследование стойкости магнитно-динамических инструментов……..... 52
ФЕДОРЕНКО А.М. К вопросу выбора оптимальной стойкости инструмента в условиях многоцелевой многоинструментальной обработки……. 53
ШАТУРОВ Д.Г. Оценка стойкости лезвийного инструмента……. 55
ШЕМЕНКОВ В.М., ОБИДИНА О.В., БЕЛАЯ М.А., ШЕМЕНКОВА А.Л. Применение комплексного воздействия тлеющего разряда и постоянного магнитного поля для модифицирования твердых сплавов……. 56
Секция 2. Машиноведение, детали машин и прикладная механика
АКУЛИЧ А.П., АКУЛИЧ Я.А. Износ поверхностей пар трения типа «вал-втулка» в процессе приработки……..... 57
АНТИПЕНКО Г.Л., ШАМБАЛОВА М.Г. Диагностирование зубчатой пары посредством анализа кинематической погрешности передачи…… 59
АНТИПИН Д.Я., ШОРОХОВ С.Г. Разработка компьютерной модели соударения пассажирского поезда с препятствием…….. 61
БОРИСЕНКО Л.А., КОМАР В.Л. Новые планетарные механизмы на основе передач с гибкими связями…….. 63
ВЕРЕМЕЙЧИК А.И., ХВИСЕВИЧ В.М. Решение осесимметричной задачи теории упругости при терморадиационном воздействии…….. 65
ГАЙСЕНОК А.Н., ГРОМЫКО П.Н., МАКАРЕВИЧ Д.М. Разработка установки для создания тяговых усилий…… 67
ГРОМЫКО П.Н., ДОКОНОВ Л.Г., ДЕМЕНТУС Ю.А., ЮРКОВА В.Л. Прецессионный магнитный редуктор……. 69
ГРОМЫКО П.Н., ТРУСОВ И.В., ГОНЧАРОВ П.С., ДЕМЕНТУС Ю.А. Конструкция планетарного прецессионного редуктора с радиальными сферическими пальцами…….. 71
ДАНЬКОВ А.М., ДОРОШКОВ С.А., ИЛЬЮШИН С.В. Источники кинематической погрешности зубчатой планетарной плавнорегулируемой передачи и компенсация ее последствий……... 73
ДАНЬКОВ А.М., ДОРОШКОВ С.А., ИЛЬЮШИН С.В. Механизм управления зубчатой планетарной плавнорегулируемой передачей…… 75
КРИВОНОГОВА Е.Г., ГОНОРОВА С.В., КЕМОВА В.А. Использование метода конечных элементов для расчета брусьев при сложном сопротивлении……. 77
ЛУСТЕНКОВ М.Е., МАКОВЕЦКИЙ И.И. Передачи с промежуточными телами качения с циклоидальной формой беговых дорожек…… 79
ПИЩОВ М.Н., БЕЛЬСКИЙ С.Е., ЦАРУК Ф.Ф. Влияние комплексного борирования на усталостные характеристики стали 25ХГТ…… 80
ПРУДНИКОВ А.П., МАКАРЕВИЧ Д.М. Исследование методом конечных элементов прочности кулачков передач с промежуточными телами качения…….. 82
РОГАЧЕВСКИЙ Н.И., ПОДЫМАКО М.Э., РОГАЧЕВСКИЙ С.Н. Геометрия двухвенцовых червячных передач……..…. 83

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

ЧЕРНАЯ Л.Г. Научно-техническая деятельность НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» и повышение безопасности производственных объектов……. 3

ДОВГАЛЕВ А.М., СВИРЕПА Д.М. Технология магнитно-динамического раскатывания и ее реализация в машиностроении……..... 10

Секция 1. Технология машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств

БАРАНОВ К.Н., ЛАПТИНСКИЙ В.Н., РОМАНЕНКО А.А. Методика расчета температурного поля в отливке, полученной методом направленного затвердевания…….……. 16

ГАЛЮЖИН Д.С., ГАЛЮЖИН С.Д., КАЛЕНТИОНОК Р.А., ДАНИЛКИН А.В. Безопасная эксплуатация штампового оборудования…… 18

ДЕМИДЕНКО Е.Ю., ЖОЛОБОВ А.А. Определение упругой линии ступенчатого вала при шлицефрезеровании с учетом жесткости его ступеней…….. 20

ДОВГАЛЕВ А.М., КОТИКОВ П.Ф. Структурирование поверхностного слоя деталей методом ППД с наложением ультразвуковых колебаний… 22

ЖОЛОБОВ А.А., ШАТУРОВ Г.Ф., ШАТУРОВ Д.Г., ЯКИМОВ Д.С. Прогнозирование систематической погрешности при обработке валов…… 24

ИЛЮШИН И.Э., КОЖЕВНИКОВ М.М. Оптимизация траекторий роботов-манипуляторов в конфигурационном пространстве……. 25

КАЗАКОВ А.В., ЖОЛОБОВ А.А. Интегрированная система автоматизированного проектирования ступенчатых валов и управляющих программ токарной обработки……..... 27

КАЛЕЕВ Д.Н., КАПИТОНОВ А.В., АНТОНОВА Е.Н., ИГНАТОВ С.А. Разработка стенда и экспериментальная оценка КПД усовершенствованной червячной передачи…… 29

КАМЧИЦКАЯ И.Д. Корреляционный анализ шероховатости поверхности после пневмовибродинамической обработки……. 31

КАШПАР А.И., ЛАПТИНСКИЙ В.Н. Расчет линейного температурного поля в круговой цилиндрической стенке……... 33

КУКЛО Е.Ю. Автоматизация процесса выбора оптимального фрезерного металлорежущего инструмента……... 35

ЛОБОВА Н.В., ЖОЛОБОВ А.А. Прогнозирование качества изготовления витка червяка на основе анализа податливости технологической системы……..... 37

ЛУКАШЕНКО В.А. Температурные деформации деталей и точность обработки……..... 39

МЕДВЕДЕВ О.А., ГРИГОРЬЕВ В.Ф. Моделирование ограничений режимов сверления…… 40

МИЩИРУК О.М., ГОРБУНОВ В.П. Моделирование влияния тепловых деформаций передачи винт-гайка качения на точность координатных перемещений……. 42

ПАШКЕВИЧ В.М. Геометрический контроль деталей героторных пар с использованием Ким Dura Max фирмы Carl Zeiss…… 44

РОМАНЮК А.С., ГРИГОРЬЕВ В.Ф., МЕДВЕДЕВ О.А. Совершенствование технологии изготовления и автоматизация расчета долговечности

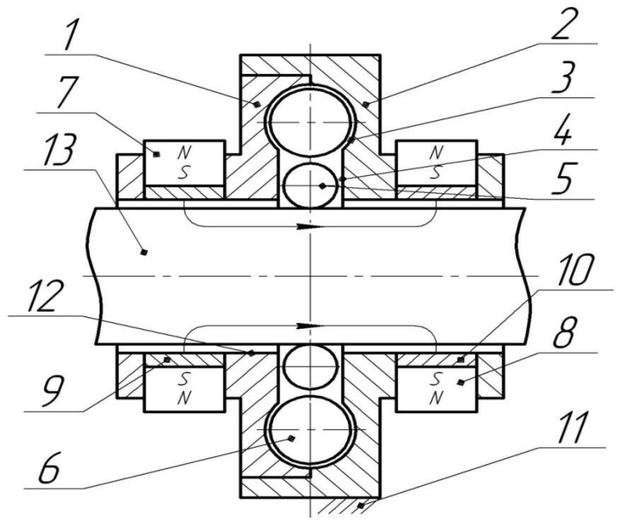


Рис. 3. Конструкция инструмента для магнитно-динамического упрочнения поверхности валов

Инструмент закрепляют на суппорте 11 соосно оси центров станка. В отверстие 12 инструмента вводят упрочняемый вал 13 и базируют его в центрах станка. Силовые линии магнитного поля от цилиндрических постоянных магнитов 7, 8 замыкаются на поверхностный слой вала 13, обеспечивая ему магнитные свойства. Валу 13 сообщают вращение, а инструмент перемещают с продольной подачей. Намагниченная поверхность вала 13 воздействует магнитным полем на деформирующие шары 5 и разгоняет их вдоль кольцевой камеры 4. При этом деформирующие шары 5 расходятся в радиальном направлении, периодически сталкиваются с шарами-отражателями 6 и, изменяя траекторию своего движения, наносят динамические удары по упрочняемой поверхности вала 13 [1, 10].

Для повышения эффективности технологии магнитно-динамического упрочнения предложено совместить процессы магнитной упрочняющей обработки ферромагнитных деталей и динамического поверхностного пластического деформирования. Комбинированная технология упрочнения основана на комплексном энергетическом воздействии на поверхность детали концентрированным потоком энергии вращающегося магнитного поля инструмента и многократным импульсно-ударным деформированием. Совмещение во времени процессов магнитно-силового воздействия позволяет получить на деталях пар трения поверхностные структуры, обладающие комплексом новых физико-механических характеристик упрочненного металла.

Для реализации комбинированной технологии упрочнения разработан инструмент, снабженный двумя магнитными системами, одна из которых предназначена для сообщения деформирующим шарам энергии импульсно-ударного деформирования, а другая – для упрочняющего воздействия на поверхность ферромагнитной детали вращающимся постоянным (переменным) магнитным полем [6, 11–14].

Инструмент содержит: корпус 1; диски 2, 3; деформирующие шары 4; кольцевую камеру 5; магнитную систему в виде обоймы 6 с цилиндрически-

ми постоянными магнитами 7 и магнитопроводными вставками 8, обеспечивающую деформирующим шарам рабочие формообразующие движения. Магнитная система для упрочнения поверхности детали вращающимся магнитным полем включает обоймы 9, 10, постоянные цилиндрические магниты 11, 12 и кольцевые магнитопроводы 13, 14. Для закрепления инструмента в шпинделе станка предусмотрены шайба 15, оправка 16 и винт 17 (рис. 4).

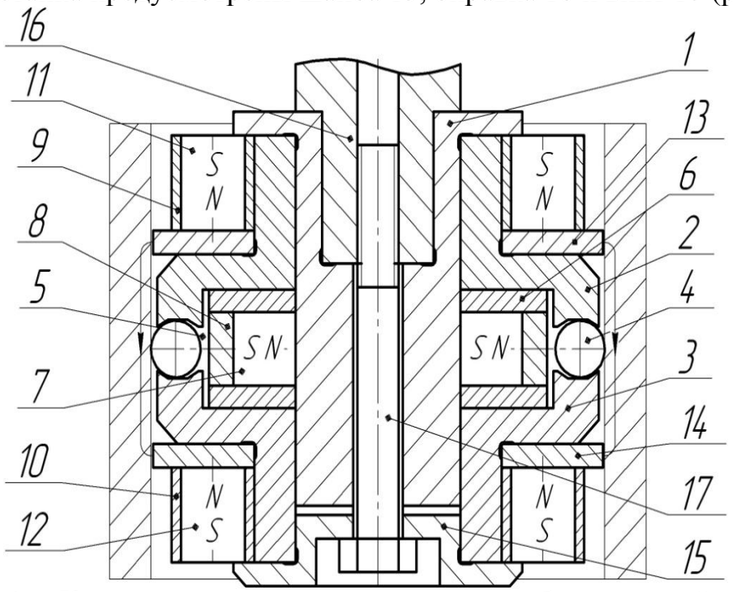


Рис. 4. Конструкция раскатника для комбинированной магнитно-динамической отделочно-упрочняющей обработки поверхности отверстий

Технологии магнитно-динамического упрочнения основаны на новом высокопроизводительном методе формообразования поверхности и позволяют совместить в один технологический переход три операции технологического процесса: формирование на поверхности детали маслоудерживающего микрорельефа; интенсивное снижение исходной шероховатости поверхности и получение на детали поверхностных структур с новыми физико-механическими свойствами, что позволяет существенно повысить производительность процесса отделочно-упрочняющей обработки. Технологии предназначены для упрочнения рабочей поверхности отверстий гильз, цилиндров (в том числе цилиндров большой длины), втулок, подшипников скольжения, а также плоской поверхности столов, корпусов (с целью повышения герметичности стыка), направляющих технических систем, ножей дробилок, режущих пластин строительно-дорожных машин, наружных цилиндрических поверхностей тел вращения и т. д.

Инновационные технологии магнитно-динамического упрочнения внедрены в производство на предприятиях машиностроения: УЧПП «Стройремавто» (г.Могилев); ОАО «Минский завод колесных тягачей» (г.Минск); ЗАО «Могилевский инструментальный завод» (г.Могилев) соответственно для отделочно-упрочняющей обработки «трубы оси», «цилиндра», «ножей вала дробилки».

Создание высокотехнологичного сектора в промышленности требует основательной научно-исследовательской базы. Главными задачами развития промышленности Беларуси должны стать:

– переход к преимущественно инновационному развитию промышленных видов деятельности путем создания производств, базирующихся на технологиях V и VI технологических укладов;

– формирование новых центров промышленного роста, основанных на собственных прорывных отечественных технологиях;

– углубление процессов кооперации, интеграции и развития межтерриториального и межотраслевого взаимодействия субъектов науки, промышленности и малого предпринимательства.

Основными направлениями модернизации традиционных отраслей и производств должны стать:

– развитие станкостроения, поскольку оно является главным носителем новых технологий в машиностроении;

– широкомасштабное обновление технологического оборудования и внедрение ресурсосберегающих технологий;

– освоение продукции с элементами из наноматериалов;

– расширение использования экологически чистых технологий.

Должны получить приоритетное развитие наукоемкие производства: автоматика, радиоэлектроника, оборудование для атомной промышленности, производство станков с ЧПУ, робототехника, микроэлектроника, фармацевтика и др.

Для формирования нового высокотехнологичного сектора в промышленном производстве необходимо:

– освоение высокотехнологичных производств в области высокоточного машиностроения, микроэлектроники, приборостроения, измерительного и медицинского оборудования, светодиодной техники и т. д.;

– формирование основ «зеленого» сектора в промышленности, состоящего из производств разных видов деятельности и объединенного по принципу экологической чистоты производства продукции.

Также важно уделить внимание предприятиям осуществляющим глубокую переработку отечественных сырьевых ресурсов.

Таким образом, продолжение экономического роста возможно только на основе широкомасштабной модернизации экономики, которая подразумевает переход к производствам, опирающимся на новые технологические уклады, а также развитие высокотехнологического производства.

УДК 338

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

О. И. ЧУМАЧЕНКО, Л. И. ПУШКИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Республика Беларусь является современным промышленно развитым государством. Промышленность составляет основу производственного потенциала республики. Она является ведущей в объеме экспорта страны и в сумме валютных поступлений, в формировании бюджета и внебюджетных фондов, осуществлении инновационной деятельности, реализации научно-технических достижений и развитии НТП в Беларуси.

В течение последних десяти лет основные доходы от экспорта наша страна получала в трех отраслях – нефтепереработке и нефтехимии, торговле калийными удобрениями и черной металлургии. Именно они формируют почти половину экспортных потоков. В настоящее время ввиду ряда объективных причин экспорт по этим отраслям снижается. Поэтому в небогатой природными ресурсами стране главной движущей силой экономического роста должны стать наука и интеллект. На первое место выходит не количественное наращивание объемов производства, а проблемы сбалансированности и качества роста. Важна отраслевая структурная перестройка экономики и прежде всего модернизация промышленного сектора.

В настоящее время отмечается низкая конкурентоспособность отечественной промышленной продукции на мировом рынке и значительное отставание от европейских стран по производительности труда. Это во многом следствие несовершенной отраслевой и технологической структуры промышленного комплекса республики. Индустрия стран ЕС в отличие от Беларуси имеет иную технологическую структуру, которая сбалансирована по отраслям и более устойчива к воздействию внешних и внутренних экономических шоков.

В европейских странах высокотехнологичный сектор составляет 7–14 % промышленного производства, среднетехнологичный – около 50 %, низкотехнологичный – в среднем 20–25 %, энергетический – около 10 %.

В Республике Беларусь удельный вес высокотехнологичного сектора в промышленном производстве почти в три раза ниже (1,9 %), чем в странах ЕС. По результатам 2012 г. в отраслевой структуре промышленности преобладают виды деятельности устаревших технологических укладов: производство пищевых продуктов – 18,3 %, переработка нефтепродуктов – 20,9 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Довгалев, А. М.** Классификация инструментов для магнитно-динамического упрочнения / А. М. Довгалев, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 30–38.

2. **Свирепа, Д. М.** Модульный принцип конструирования инструментов с магнитоуправляемыми деформирующими элементами / Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы респ. науч.-техн. конф. асп., магистр. и студ., Могилев, 26 янв. 2006 г. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2006. – С. 73.

3. **Свирепа, Д. М.** Интенсификация процесса упрочнения магнитно-динамическими инструментами / Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков, С. А. Сухоцкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апр. 2007 г.: в 3 ч. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2007. – Ч. 1. – С. 96.

4. **Свирепа, Д. М.** Метод магнитно-динамического раскатывания деталей технических систем / Д. М. Свирепа, А. М. Довгалев // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. мол. ученых, Могилев, 17–18 нояб. 2011 г. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2011. – С. 3–7.

5. Упрочняющий инструмент: **пат. 15364** Респ. Беларусь, МПК B 24 B 39/02 / А. М. Довгалев, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков, С. А. Сухоцкий; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20091852; заявл. 23.12.09; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 1. – С. 81.

6. Способ магнитно-динамического упрочнения внутренней поверхности круглого отверстия в металлической детали: **пат. 17976** Респ. Беларусь, МПК B24B39/02 / А. М. Довгалев, Д. М. Свирепа; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – №а20120052; заявл. 16.01.2012; опубл. 30.06.2013.

7. Двухрядные магнитно-динамические инструменты / А. М. Довгалев [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2009. – № 2. – С. 12–20.

8. Инструменты для магнитно-динамического упрочнения поверхностей деталей машин / А. М. Довгалев [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 4. – С. 94–97.

9. Инструмент и способ магнитно-динамического упрочнения плоской поверхности детали: **пат. 17545** Респ. Беларусь, МПК B24B39/06 / А. М. Довгалев, С. А. Сухоцкий; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – №а20111278; заявл. 03.10.2011; опубл. 30.06.2013.

10. Магнитно-динамические инструменты для упрочнения наружных поверхностей вращения / А. М. Довгалев [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 4. – С. 56–62.

11. Моделирование процесса совмещенной обработки деталей магнитно-динамическим раскатыванием и вращающимся переменным магнитным полем / В. К. Шелег [и др.] // Вестн. Житомирского гос. техн. ун-та. – 2013. – № 4. – С. 86–95.

12. Моделирование процесса совмещенной упрочняющей обработки импульсно-ударным раскатыванием и вращающимся магнитным полем / В. К. Шелег [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 73–84.

13. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления: **пат.2068770** Рос. Федерация, МКИ6 B 24 B 39/02 / А. М. Довгалев (РБ). – №4922542/27 ; заявл.29.03.91 ; опубл. 10.11.96 // Бюл. №31. – 14 с.

14. Способ поверхностного пластического деформирования и инструмент для его осуществления: **пат.2089373** Рос. Федерация, МКИ6 B 24 B 39/02 /А. М. Довгалев (РБ). – №4924841/02 ; заявл.05.04.91 ; опубл. 10.09.97 // Бюл. №25. – 14 с.

УДК 621.74:669.714

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОТЛИВКЕ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

К. Н. БАРАНОВ, В. Н. ЛАПТИНСКИЙ, А. А. РОМАНЕНКО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Для стабильного процесса получения качественных заготовок необходимо применять технологические приемы, основанные на использовании метода направленного затвердевания. Осуществление направленного затвердевания в процессе формирования отливки позволяет получать заготовки с требуемыми механическими свойствами. Качество отливки, полученной направленным затвердеванием, во многом зависит от температурного градиента на фронте кристаллизации и скорости кристаллизации. Оптимальные значения этих теплофизических параметров обеспечивают высокое качество заготовок.

Данная работа посвящена разработке методики расчета температурного поля в цилиндрической тонкостенной отливке из силумина, полученной методом намораживания на водоохлаждаемом стержне. Принципиальная схема этого процесса литья [1] представлена на рис. 1.

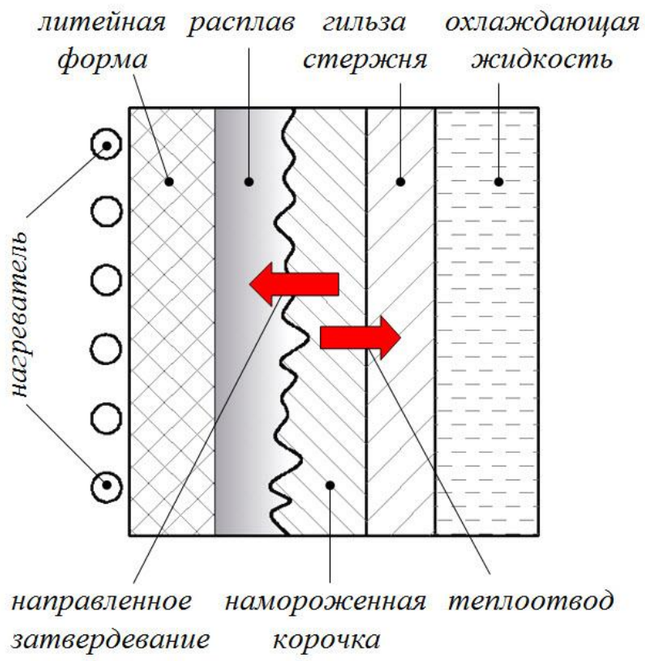


Рис. 1. Принципиальная схема процесса литья намораживанием на водоохлаждаемом стержне

банку исключительно комиссионные доходы, реализуемые в рамках проведения расчётных, кассовых, валютно-обменных операций, операций с дорожными чеками, мерными слитками драгоценных металлов и др., и розничные продукты, приносящие банку процентные доходы. Последние связаны с необходимостью привлечения (использования) ресурсов и реализуются в рамках кредитных операций с физическими лицами (розничного кредитования).

Оценка эффективности розничного кредитования по всей совокупности кредитных продуктов, реализуемых банком (структурным подразделением), может осуществляться на основе комплексного использования трёх методик.

1. Анализ процентной разницы, предполагающий расчёт превышения средней процентной ставки по предоставляемым кредитам над средней стоимостью привлечённых ресурсов, используемых в кредитных операциях. Динамику спрэда между процентными ставками размещения и привлечения ресурсов можно корректировать, дополняя величину процентных доходов (по видам кредитных операций) суммой комиссионных и прочих выплат, осуществляемых кредитополучателями в соответствии с условиями кредитования.

2. Анализ доходности (маржи). Экономическая эффективность розничного кредитования для банков может быть определена как соотношение разности суммы получаемых доходов (процентных, комиссионных и прочих) по розничным кредитам и расходов, связанных с привлечением средств, к средней величине активов банка (величине нормативного капитала или розничного кредитного портфеля банка).

3. Оценка дееспособности банка по розничным кредитным операциям. Показатели дееспособности представляют соотношения доходов и расходов банка по направлениям деятельности.

Объём расходов, учитываемых в расчёте коэффициентов доходности и дееспособности, может быть скорректирован на величину кредитного риска (размер отчислений в резервы на возможные потери по активам, подверженным кредитному риску).

Таким образом, для обеспечения эффективности розничного кредитования банки заинтересованы в максимизации своих доходов, увеличении спрэда в процентных ставках размещения и привлечения ресурсов, компенсации рисков кредитования в высокой процентной ставке, установлении комиссионных сборов за обслуживание кредита, снижении стоимости аккумулируемых ресурсов (фондирования), повышении устойчивости ресурсной базы, реализации гибкой ценовой стратегии.

УДК 338

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БАНКОВСКОГО РОЗНИЧНОГО БИЗНЕСА

Л. М. ЧУГУЛЬКОВА, Т. В. МЕДВЕДСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Необходимым условием успешного развития банков в настоящее время становится внедрение новых, ориентированных на клиентские предпочтения банковских продуктов и услуг, изменение концепции их продвижения к потребителям, а также модернизация внутрибанковских организационных структур, формирование эффективной системы риск-менеджмента. Следовательно, стратегия банка должна предполагать, с одной стороны, решение вопросов обеспечения эффективности розничных продаж, с другой стороны – улучшения восприятия банковских продуктов и качества обслуживания клиентами.

Непосредственное влияние на эффективность деятельности розничных подразделений банка оказывают три ключевых фактора:

– фактор времени, означающий возможность кратковременного повышения спроса клиентов (физических лиц) на отдельные банковские продукты в отдельные периоды (сезонный характер потребности на отдельные кредитные и депозитные продукты, обмен валюты и другие);

– фактор качества обслуживания, предполагающий необходимость ориентации банка на потребности и ожидания клиентов (определение точек продаж, способность поддерживать заинтересованность клиентов, гибкость в обращении с VIP-клиентами);

– фактор сегментации рынка, означающий направленность продаж конкретных банковских продуктов на определённый клиентский сегмент, что обеспечивает персонализацию продукта для каждого клиента банка, восприятие потребителем продукта как предложения, сделанного исключительно для него. Сегментация потребителей по стандартным категориям (доход, возраст, пол и др.) часто не позволяет качественно дифференцировать массового потребителя с точки зрения наличия однородных поведенческих черт и мотиваций. Поэтому для банка значительные информационные возможности открывает взаимодействие с клиентами по электронным каналам, перевод клиентов из традиционных банковских отделений на онлайновые сервисы.

Наряду с оценкой эффективности работы розничных подразделений банка задачей менеджмента является оценка эффективности продаж отдельных розничных продуктов на основе сопоставления их рыночной цены и себестоимости. В связи с этим различают розничные продукты, приносящие

Основные структурные элементы методики состоят в следующем:

– определение температурного поля в точках отливки, в которых установлены термопары (рис. 2), в виде массива результатов экспериментальных измерений;

– получение на основе этих результатов (с помощью метода наименьших квадратов) соответствующих приближенных формул для температурного поля (временная аппроксимация);

– построение (на основе полученных аналитических соотношений) приближенных распределений температурного поля в произвольной точке отливки с помощью интерполяции – радиальная аппроксимация в любой момент времени; при этом наряду с классическим методом интерполяции используется подход [2], основанный на методе вспомогательных функций [3].

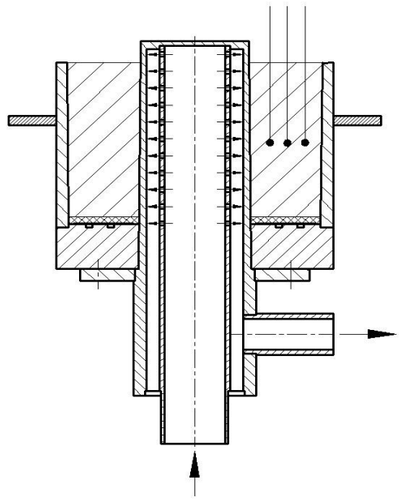


Рис. 2. Схема экспериментальной установки циклического литья полых заготовок с термопарами

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Исследование литья полых заготовок из силумина АК18 методом намораживания на водоохлаждаемом стержне / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов // Литье и металлургия. –2011. – № 3 (62). – С. 19–21.

2. **Лаптинский, В. Н.** К методике решения линейных интерполяционных задач / В. Н. Лаптинский // Еругинские чтения –XI: тез. докл. Междунар. матем. конф., Гомель, 24–26 мая 2006 г. – Минск : Институт математики НАН Беларуси, 2006. – С. 161.

3. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск : Институт математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

УДК621.83

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д. С. ГАЛЮЖИН, С. Д. ГАЛЮЖИН, Р. А. КАЛЕНТИОНОК,
А. В. ДАНИЛКИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Холодная штамповка – это один из методов обработки металлов давлением, при котором металл деформируется пластически в холодном состоянии. Она заключается в механическом воздействии штампа в процессе прессования листов металла, итогом которого получаются готовые изделия. Таким образом, сам штамп выступает в роли технологической насадки для прессовального механизма, его можно использовать только для одной операции.

Анализ причин несчастных случаев, имеющих место при штамповке, показывает, что нет ни одного из них, которого нельзя было бы избежать. Для этого необходимо только четко соблюдать установленные на каждом предприятии правила охраны труда и техники безопасности. В штамповочных цехах на соблюдение правил техники безопасности всем персоналом цеха, и особенно штамповщика, должно быть обращено серьёзное внимание.

Нарушение технологического процесса может привести к серьёзным травмам. Травмы, полученные при штамповочных работах, как правило, тяжелые, требуют длительного лечения и могут привести к инвалидности.

Перед работой следует на холостом ходу убедиться в исправности пресса, штампа и блокировки. Особое внимание должно быть обращено на исправность муфты включения и тормозного устройства. При их неисправности может произойти самопроизвольное опускание ползуна или повторный, сдвоенный, ход без включения пресса. Сдвоенный ход ползуна особенно опасен, так как рабочий не ожидает его и в этот момент может удалять отходы из рабочей зоны штампа или устанавливать заготовку. Поэтому при работе на штампах без ограждений следует пользоваться пинцетами, крючками. Снимать готовую деталь и класть заготовку можно только после того, как ползун поднимется в верхнее положение и остановиться.

Наиболее опасной является операция ручной укладки заготовок или листа под пуансон и удаление готовой детали с матрицы, поскольку руки рабочего периодически находятся в зоне действия инструмента – штампа.

Включение пресса должно производиться только при нажиме на две рукоятки или кнопки включения обеими руками с рассогласованием не более 0,5 с, исключая перекрытие кнопок механическим способом.

Защитные ограждения, входящие в конструкцию оборудования, должны соответствовать ГОСТ 12.2.062-81 «Система стандартов безопасности труда.

вание и дальнейшее развитие), охватывая все фазы воспроизводственного процесса (приобретение ресурсов, разработка и освоение новой продукции, производство, сбыт продукции, оценка финансовых результатов).

Финансовые показатели, как синтезирующие и обобщающие показатели результатов хозяйственной деятельности предприятия, оценивают эффективность, создают условия его жизнеспособности и конкурентоспособности.

Базовыми понятиями в бизнесе являются: активы; прибыль; темп роста; поток денежных средств. Существует равновесное состояние, при котором перечисленные составляющие находятся в оптимальных соотношениях, позволяя определить важнейший показатель любого бизнеса – стоимость компании».

Величина и динамика стоимости компании характеризует ее финансовое состояние и уровень конкурентоспособности по стадиям жизненного цикла. С учетом анализа – классических финансовых показателей: *ROA* – рентабельность активов; *ROI* – рентабельность инвестиций; *ROS* – рентабельность продаж и т. д. Это позволяет оценивать достигнутые результаты деятельности и принимать решения по повышению эффективности предприятия, т. е. его конкурентоспособности.

В последние годы процессный подход и интеграция цепочек добавленной стоимости бизнес-процессов от исходных ресурсов до конечного потребителя создали условия делового стратегического сотрудничества для повышения эффективности межфирменных связей.

Организация управления цепочками добавленной стоимости позволяет добиться стратегического превосходства над конкурентами, усилить связи с партнерами, повысить эффективность производства, достигая максимизации.

Экономическая добавленная стоимость (EVA) – это достаточно универсальный показатель, который можно использовать для финансового анализа, управления, оценки стоимости и конкурентоспособности компании. Показатель EVA представляет собой прибыль предприятия от обычной деятельности за вычетом налогов, уменьшенная на величину платы за весь инвестированный в предприятие капитал.

Добавленная ценность – «ключевой показатель корпоративного успеха», обеспечивающий как необходимую мотивацию, так и измерение корпоративных достижений. Измерение добавленной стоимости позволяет «определять» точку, где в цепочке ценности происходит добавление стоимости и где выгоды от конкурентного преимущества наиболее привлекательны.

Интеграция цепи поставок в единой модели измерения показателей функционирования рассматривается как современная базовая конкурентная стратегия предприятия, чтобы предоставлять товары и услуги до конечного потребителя быстрее, дешевле и лучшего качества.

УДК 338.24

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. П. ТРЕНИХИН, А. Г. БАРАНОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Могилев, Беларусь

Конкурентная борьба за потребителя как движущая сила экономического развития приводит к снижению цен, уменьшению издержек производства, улучшению качества продукции, ускорению НТП.

Конкурентоспособность предприятия – это его способность и возможность получать в условиях рынка финансовые результаты достаточные для поддержания на конкурентоспособном уровне качества продукции, творческого потенциала человеческого капитала, средств производства на современном уровне.

Для оценки деятельности и стратегического развития по стадиям жизненного цикла важно знать и управлять показателями, чтобы обеспечивать необходимый конкурентный уровень предприятия.

Показатель – это обобщенная характеристика свойств объекта или процесса. Различают: качественные показатели, фиксирующие наличие или отсутствие определенного свойства; количественные показатели, фиксирующие меру выраженности, развития определенного свойства.

В стратегическом менеджменте качественные показатели конкурентоспособности раскрывают портфельная стратегия как версия бизнеса выбора товара (текущий – новый), рынка (текущий – новый), технология (текущая – новая), а количественные показатели формирует конкурентная стратегия как результат оценки деятельности компании как доля рынка, темпы роста фирмы.

У предприятия, как открытой производственной системы, показатели конкурентоспособности представляют собой способ оценки его уровня и средством анализа с учетом состояния среды, а также характеризуют строение (элемент, компоненты, подсистемы, связь, структуру, цель), функционирование и развитие системы (состояние, поведение, равновесие, устойчивость, развитие, жизненный цикл).

В реальной жизни нам требуется не только зафиксировать показатели конкурентоспособности, но и проанализировать их факторы, а также разработать систему регулирования и прогнозирования деятельности предприятия с учетом состояний «внешней среде», «внутренней среде» и их взаимодействия.

Оценка уровня конкурентоспособности предприятия проводится на всех стадиях его жизненного цикла (формирование, становление, функциониро-

Оборудование производственное. Ограждения защитные». Конструкция защитных ограждений должна исключать их самопроизвольное перемещение из положения, обеспечивающего защиту работающего, допускать возможность его перемещения из защитного положения только с помощью инструмента.

Примером нарушения техники безопасности может послужить несчастный случай, произошедший 6 октября 2005 года, при котором штамповщик участка ЧУП «Универсал Бобруйск» при изготовлении детали на прессе К-2130А получил травму правой кисти руки с тяжелым исходом.

При обследовании защитного устройства рабочей зоны пресса были выявлены ряд нарушений при его проектировании. Расстояние между прутьями передней решетки (40 мм) не соответствует требованиям эксплуатационной документации (не более 30 мм). В передней решетке имеется окошко 118×142 мм, через которое возможен доступ рук штамповщика в зону работы штампа, что не соответствует п. 14 ГОСТ 12.2.062-81 «Смотровые окна не должны уменьшать защитную функцию ограждения». Правое боковое ограждение выполнено из листовой стали. Оно не ограничивает доступа рук штамповщика в зону работы штампа, что не соответствует п. 8 ГОСТ 12.2.062-81 «Конструкция и крепление ограждения должны исключать возможность случайного соприкосновения работающего и ограждения с ограждающими элементами». Согласно эксплуатационной документации в качестве бокового ограждения предусмотрена боковая защитная решетка. Левое боковое ограждение выполнено из листовой стали и имеет окошко с размерами 70×215 мм, через которое возможен доступ рук штамповщика в зону работы штампа, что не соответствует п. 8 ГОСТ 12.2.062-81. Согласно эксплуатационной документации в качестве бокового ограждения предусмотрена боковая защитная решетка. По мнению экспертов, обследуемое защитное ограждение не ограничивает доступа рук штамповщика в рабочую зону штампа.

УДК 621.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОЙ ЛИНИИ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА ПРИ ШЛИЦЕФРЕЗЕРОВАНИИ С УЧЁТОМ ЖЕСТКОСТИ ЕГО СТУПЕНЕЙ

Е. Ю. ДЕМИДЕНКО, А. А. ЖОЛОБОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Задача по определению упругих деформаций вала при лезвийной обработке состоит в поиске уравнения упругой линии заготовки. Вывод данного уравнения упрощается при условии обработки гладкого цилиндрического вала [1]. В свою очередь детали типа «вал», применяемые в машиностроительном производстве, зачастую имеют ступени, которые различаются не только диаметральными размерами, но и поперечными сечениями.

Классификация поперечных сечений ступенчатых шлицевых валов в общем случае представлена на рис. 1. Данная классификация не является окончательной и её можно дополнить сечениями с наружной и внутренней резьбой, наружным шпоночным соединением, участками с канавками, фасками, конусами, галтелями, скруглениями, иными профильными соединениями и т.д.

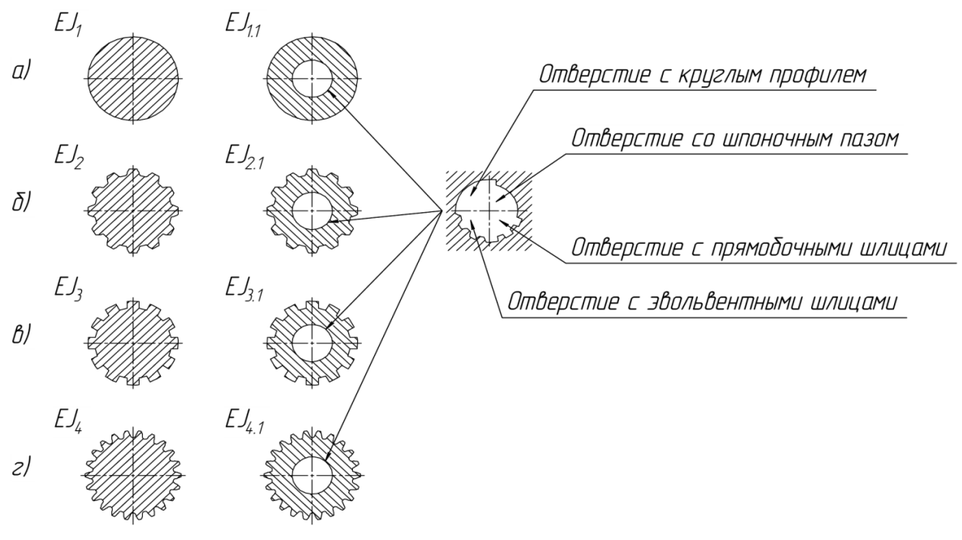


Рис. 1. Варианты моделей поперечного сечения: а – гладкий цилиндр; б – шлицы с эвольвентным профилем; в – шлицы с прямобочным профилем; г – зубчатый профиль

Каждая такая ступень будет иметь изгибную жёсткость поперечного сечения E_iJ_i отличную от жёсткости остальных ступеней вала, параметрами от-

Основная доля электрической энергии в Республике Беларусь вырабатывается на ТЭЦ, на подавляющем большинстве которых пока применяются устаревшие паровые технологии, которые были актуальны в 60-х и 70-х гг. прошлого века. Безусловно, наряду с массовой модернизаций белорусских промышленных предприятий требуется массовая модернизация предприятий большой энергетики с переходом на современный паро-газовый цикл.

Исследованиями, проведенными в университете на кафедре «Экономической информатики» в рамках госбюджетной темы «Анализ и обоснование путей снижения энергетических затрат на производственных предприятиях г. Могилева и Могилевской области» и в ряде дипломных работ [2], обоснована экономическая целесообразность указанных путей повышения энергоэффективности в промышленности и энергетике. Это обеспечит повышение конкурентоспособности продукции производства Республики Беларусь. Установлено, что окупаемость инвестиционных проектов, связанных с переходом ТЭЦ на паро-газовый цикл и внедрением блок-станций на промышленных предприятиях является весьма привлекательной и не превышает 3–8 лет.

Наряду с двумя указанными направлениями развития традиционной энергетики весьма перспективным является развитие атомной энергетики. Для выработки электрической и тепловой энергии на АЭС не требуется газ, который является исчерпаемыми дорогим источником. Затраты на производство энергии на АЭС существенно ниже, чем на ТЭЦ и, тем более, в случае применения альтернативных источников. В настоящее время и обозримой перспективе снижение себестоимости энергии является весьма важным фактором для развития Республики Беларусь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Токменинов, К. А**. Некоторые пути энергосбережения на промышленных предприятиях / К. А. Токменинов, А. К. Токменинов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – Ч. 2. – С. 259–260.

2. Анализ и обоснование путей снижения энергетических затрат на производственных предприятиях г. Могилева и Могилевской области»: отчет о НИР (этап 3) / Белорус.-Рос. ун-т ; рук. В. А. Широченко ; исполн. : К. А. Токменинов [и др.]. – Могилев, 2013. – 51 с.

УДК 338

НЕКОТОРЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К. А. ТОКМЕНИНОВ, А. К. ТОКМЕНИНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Конкурентоспособность продукции определяется, в первую очередь, оптимальным соотношением цены и качества.

Важной составляющей себестоимости продукции в современных условиях являются прямые производственные затраты и, в частности, энергетические. Затраты на электроэнергию для производства продукции на предприятиях определяются количеством потребленной энергии и тарифами на электроэнергию, устанавливаемыми централизованно для всей территории Республики Беларусь. Снижение энергетических затрат может осуществляться по двум направлениям: за счет внедрения на промышленных предприятиях энергосберегающего оборудования и технологий производства, а также, в обоснованных случаях, оснащение предприятий блок-станциями (газотурбинными или газопоршневыми установками) для производства электроэнергии на собственные нужды по себестоимости [1] .Вторым направлением является переход предприятий большой энергетики на парогазовый цикл производства энергии. Это позволит снизить затраты на производство энергии на ТЭЦ до 60 % и соответственно снизить или ограничить рост тарифов на производимую энергию.

На базе Государственной программы развития белорусской энергосистемы до 2016 г. подготовлена для представления в Совет Министров Программа реструктуризации энергетической отрасли Республики Беларусь, которая планируется к принятию в текущем 2014 г. Указанные меры по развитию энергетической отрасли позволят привлечь дополнительные источники финансирования для модернизации объектов энергетики, в том числе ТЭЦ. Следует отметить, что в Могилевской области такая модернизация только начинается и не коснулась крупных ТЭЦ – Могилевской ТЭЦ-2 и Бобруйской ТЭЦ-2. Реконструкция с использованием газотурбинных установок (ГТУ) проводится только на Могилевской РК-3, которая переводится в статус мини-ТЭЦ. Аналогичная ситуация наблюдается и в других областях Республики Беларусь, кроме минской, в которой проведена модернизация минских ТЭЦ -3 и ТЭЦ-5 с переводом на паро-газовые технологии. Реконструкции проведены с привлечением китайских компаний и использованием китайского оборудования и технологий. Указанное оборудование соответствует мировому уровню.

личия которых будут: модуль упругости E материала заготовки (для однородной по объёму заготовки данный параметры равен для всех ступеней) и момент инерции J, который в свою очередь зависит от геометрических особенностей сечения.

Решить поставленную задачу по поиску уравнения упругой линии заготовки можно при помощи следующего алгоритма.

1. Определяются параметры технологической системы резания шлицефрезерной обработки (силы резания, параметры жесткости и т.п.).

2. Исходный ступенчатый вал заменяется эквивалентным валом постоянного сечения с моментом инерции J_0 равным моменту инерции одного из участков вала [2].

3. Выводится уравнение с учётом того, что полученный таким образом эквивалентный вал будет иметь упругую линию, полностью совпадающую с упругой линией заданного ступенчатого вала.

4. Определяется Δ (прогиб) и θ (угол поворота) заготовки на станке в момент обработки. Для этого можно воспользоваться универсальными уравнениями метода начальных параметров [3], рассматривая приведенный вал, как вал постоянного сечения с изгибной жесткостью поперечного сечения EJ_0.

С помощью представленной модели для поиска уравнения упругой линии ступенчатого вала при шлицефрезеровании становится возможным:

– применение данных уравнений [3] для любых расчётных схем ступенчатых валов;

– сокращение трудоёмкости в связи с отсутствием потребности в определении деформаций методом непосредственного интегрирования дифференциального уравнения упругой линии.

Применение методики поиска уравнения упругой линии и последующее решение вопроса прогнозирования погрешностей обработки шлицевой поверхности позволяет установить требуемые по условиям производительности и точности режимы резания с учётом состояния элементов технологической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шалыжин, К. А.** Прогнозирование точности формообразования шлицевой поверхности червячной фрезой с учетом изменяющейся жесткости технологической системы / К. А. Шалыжин, А. А. Жолобов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 3. – С. 121–128.

2. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев; отв. ред. Г. С. Писаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Наукова думка, 1988. – 736 с.

3. **Саргсян, А. Е.** Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности. Основы теории с примерами расчётов: учебник для вузов / А. Е. Саргсян. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2000. – 286 с.

УДК 621.787

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ППД С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

А. М. ДОВГАЛЕВ, П. Ф. КОТИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Перспективным направлением повышения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин является применение на финишных операциях технологического процесса их изготовления инновационных методов отделочно-упрочняющей обработки.

К числу инновационных относится разработанный способ поверхностного пластического деформирования, при котором деформирующие шары размещают в открытых цилиндрических каналах инструмента, перемещаемого с осевой подачей. При этом деформирующие шары прижимают к вращающейся упрочняемой поверхности детали струей воздуха (газа), в которой генерируют высокочастотные колебания, направленные вдоль цилиндрического канала и воздействующие на деформирующие шары. В результате процесс структурирования поверхностного слоя осуществляется деформирующими шарами, колеблющимися с ультразвуковой частотой.

Для реализации нового способа отделочно-упрочняющей обработки внутренних, наружных и плоских поверхностей деталей машин разработаны специальные инструменты, снабженные ультразвуковым акустическим генератором. На рис. 1 представлена схема инструмента для упрочнения поверхности валов в условиях мелкосерийного производства.

Инструмент содержит: корпус 1 с цилиндрическим каналом 2; деформирующий шар 3; генератор ультразвуковых акустических колебаний, включающий резонатор 4, сопло 5, кольцевую щель 6 и канал 7, предназначенный для подвода воздуха; державку 8. На торце резонатора 4 выполнена коническая поверхность 9, образующая с цилиндрической полостью 10 острую кольцевую кромку 11. Деформирующий шар 3 установлен в цилиндрическом канале 2 корпуса 1 с зазором и возможностью осуществления колебательных движений. Резонатор 4 и сопло 5 закреплены в корпусе 1 соосно, а кольцевая щель 6 расположена напротив острой кольцевой кромки 11. Корпус 1 инструмента жестко соединен с державкой 8 посредством винта 12.

Инструмент работает следующим образом. Упрочняемый вал 13 закрепляют в центрах, а державку 12 инструмента – в резцедержателе станка. Инструмент подводят к обрабатываемой поверхности детали. Валу 13 сообщают вращение. В канал 7 инструмента подают воздух под давлением.

– ухудшение квалификации работающих в промышленности;

– сокращение доходов населения, работающего в обрабатывающих отраслях промышленности.

Эти однозначно негативные тенденции приводят к росту экспорта сырьевых отраслей, увеличению их доли в общей структуре промышленности, ухудшению положения в обрабатывающих секторах. Таким образом, возникла явная необходимость в проведении новой индустриальной политики в Российской Федерации.

Промышленная политика, осуществляемая правительством в настоящее время регламентируется Конституции Российской Федерации. Государственная поддержка в настоящее время осуществляется в основном в качестве финансовой поддержи с помощью специальных налоговых режимов и налоговых льгот, а также предоставления займов.

В настоящее время в России основной является такая мера государственной поддержки как федеральная целевая программа, представляющая собой увязанный по задачам, ресурсам и срокам осуществления комплекс научно-исследовательских, опытно-конструкторских, производственных, социально-экономических, организационно-хозяйственных и других мероприятий, обеспечивающих эффективное решение системных проблем в области государственного, экономического, экологического, социального и культурного развития Российской Федерации. С 2014 г. существует госпрограмма «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Целью программы в целом является создание в России конкурентоспособной, устойчивой, структурно сбалансированной промышленности. Таким образом, направлениями перспективной государственной промышленной политики можно считать следующие: поддержка предприятий обрабатывающих отраслей с целью создания высококачественной продукции; политику в отношении финансовой и налоговой поддержки отечественных предприятий; участие государства в НИОКР, облегчение доступа к патентам и иностранным технологиям; повышение качества трудовых ресурсов, в том числе и за счет государственного регулирования связей между учреждениями среднего профессионального и высшего образования и бизнесом.

На наш взгляд, эффективная реализация программных мероприятий позволит промышленности России развить новые отрасли, поддержать обрабатывающую промышленность, тем самым увеличить конкурентоспособность отечественной продукции и ее экспорт, и, в конечном итоге, способствовать росту экономики в целом и уровня жизни людей в частности.

УДК 334.02

ПРОБЛЕМЫ НОВОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Е. Н. СТРИЖАКОВА
Федеративное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брянск, Россия

Основным направлением стратегического развития Российской Федерации является повышение темпов экономического роста. Это возможно только при осуществлении эффективной промышленной политике, направленной на поддержку перспективных отраслей промышленности, развитие производственного сектора экономики, повышение качества и конкурентоспособности производимой продукции.

В XX веке существовали три основных направления промышленной политики, осуществляемых в различных странах. Первой является экспортная политика, при которой государственная поддержка оказывается только конкурентоспособной продукции для потенциального выхода с ней на мировой рынок. Такая политика осуществлялась в Китае, Индии, Японии и Корее. Вторым видом является внутренне-ориентированная промышленная политика, в результате реализации которой происходит защита внутреннего рынка; примером проведения данной политики могут служить мероприятия во Франции, Тайване, Сингапуре. Третьим видом политики является стратегическая промышленная политика, при которой происходит ограничение использования невосполнимых природных ресурсов и развитие высокотехнологичных отраслей. Данная политика проводится в странах ОПЕК и США.

В России в последние два десятилетия происходит так называемая деиндустриализация промышленности, характеризующаяся следующими явлениями:

– сокращение удельного веса промышленности в ВВП;
– преобладание добывающих отраслей над обрабатывающими;
– сокращение объемов выпуска продукции;
– снижение качества выпускаемой продукции;
– технологический уровень продукции становится ниже;
– в отечественной продукции растет доля иностранных комплектующих или п/ф;
– снижается уровень автоматизации производства;
– сокращение фондов в промышленности;
– темпы износа оборудования выше темпов ввода нового оборудования в эксплуатацию;
– сокращение числа занятых в промышленности;

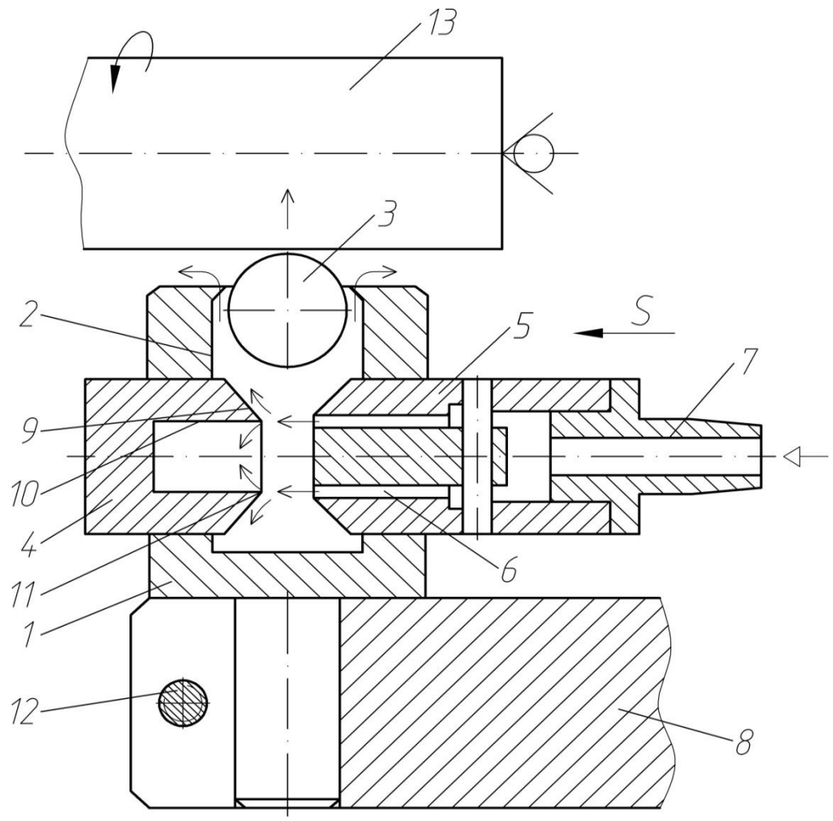


Рис. 1. Конструкция упрочняющего инструмента с генератором ультразвуковых колебаний деформирующего шара

Воздух, выходя из кольцевой щели 6, попадает на острую кольцевую кромку 11 резонатора 4 и возбуждает периодические колебания (вихри). Одна из гармоник колебаний усиливается в цилиндрической полости 10 резонатора 4 и излучается в окружающее пространство в виде акустических волн. Частота звука излучаемых акустических волн зависит от глубины цилиндрической полости 10 резонатора 4, а также расстояния между кольцевой кромкой 11 и соплом 5. Ультразвуковые акустические колебания рабочего агента передаются деформирующему шару 3. При этом колеблющийся с ультразвуковой частотой деформирующий шар 3 инструмента выполняет динамическое пластическое деформирование, вызывая структурирование поверхностного слоя упрочняемого вала 13.

Таким образом, для повышения эксплуатационных свойств деталей в работе предложено структурирование их поверхностного слоя осуществлять динамическим пластическим деформированием. При этом высокочастотные колебания деформирующим шарам инструмента сообщать посредством генератора ультразвуковых колебаний через подаваемую в зону обработки воздушную среду.

УДК 621.9

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВАЛОВ

А. А. ЖОЛОБОВ, Г. Ф. ШАТУРОВ, Д. Г. ШАТУРОВ, Д. С. ЯКИМОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Создание условий для высокопроизводительной обработки валов связано с анализом погрешностей, возникающих в технологической системе резания (ТСР), и на основании этого осуществление выбора оптимальных режимов обработки.

Проблема повышения точности при формообразовании поверхностей на токарных станках решается оценкой степени влияния каждого элемента ТСР на вносимую им погрешность, выделением главных основных причин снижения точности и прогнозированием величин погрешностей за счет рационального управления деформациями упругой системы.

Установка заготовки вала в центрах рассматривалась как балка лежащая на двух упруго деформируемых опорах. При оценке действия составляющих сил резания учитывались следующие обстоятельства. Радиальная P_y и тангенциальная P_z составляющие силы резания увеличивают прогиб заготовки и перемещение опор. Осевая составляющая P_x силы резания наоборот уменьшает упругое перемещение опор и погрешность обработки. Однако, как показывают расчеты влияние сил P_z и P_x незначительно (менее 1 %) и их влиянием можно пренебречь.

Прогиб заготовки ступенчатого вала в конце ступени определялся по изгибающему моменту фиктивной балки с учетом изменения жесткости ступеней.

В результате решения уравнения упругой кривой перемещения оси вала, получена зависимость для оценки диаметра заготовки, обеспечивающего минимальную погрешность обработки.

$$d \geq \left[\frac{l^3}{1200 \cdot (3\omega_{зб} - \omega_{пб})} \right]^{0,25},$$

где d, l – диаметр и длина заготовки, см; $\omega_{зб}$, $\omega_{пб}$ – податливость задней и передней опоры вала, мкм/Н.

Полученная зависимость поможет технологу на производстве принять необходимый вариант базирования заготовки при проектировании процесса токарной обработки вала.

экспортной отрасли; параметры спроса на продукцию отрасли внутри национальной экономики; наличие национальных отраслей-смежников, способных поддержать перспективную отрасль, а также наличие перспективных стратегий у фирм этой отрасли. Страны имеют наибольшие шансы на успех в тех отраслях или сегментах рынка, где компоненты «национального ромба» взаимно усиливаются, то есть каждый детерминант влияет на все остальные.

С позиции теории конкурентных преимуществ перспективы Беларуси в сфере международной торговли услугами можно оценить сравнивая ее с торговлей товарами, имеющими материальное содержание. Наиболее продвинутыми из них являются: нефтепродукты, калийные удобрения, прокат черных металлов, продовольствие, т. е., которые не связаны с наличием высококвалифицированной рабочей силы или успешной стратегии фирм. Следовательно, экспортный потенциал Беларуси в товарной сфере определяется в основном только первой или частично третьей составляющими национального ромба.

Соответственно, конкурентные преимущества нашей страны в сфере международной торговли услугами можно связать: с наличием выгодного экономико-географического положения и развитой транспортной инфраструктурой; значительного числа работников средней квалификации; достаточного числа смежных отраслей; активного вмешательства государства в экономику и т.д.

В частности роль правительства в формировании экономических преимуществ Беларуси может заключаться в том, что оно способно оказать влияние на все четыре детерминанты: на параметры факторов – через субсидии и политику в отношении рынка капитала, рабочей силы; на параметры спроса через установление различных стандартов и государственные закупки; на смежные отрасли исходя из значительной доли в них госсобственности; на стратегию фирм, их соперничество – через налоговую политику и антимонопольное регулирование.

Основываясь на этих конкурентных преимуществах Республика Беларусь, в частности, может успешно продавать: логистические (в том числе и транспортные), строительные, инжиниринговые услуги не связанные с высокими технологиями, услуги агротуризма и т.д. Однако, чтобы торговать более высокотехнологичными услугами в экономике Беларуси необходимо провести серьезные структурные преобразования, которые позволят более четко определить все параметры «национального ромба» конкурентных преимуществ на верхних этажах сферы услуг, в том числе, и товаров с материальным носителем.

УДК 338.22

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА В ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ СФЕРЫ УСЛУГ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

В. Т. СОРОКА, Н. А. ПЕКЕРТ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Современный финансово-экономический кризис показывает, что хотя идея свободной торговли и доминирует в мировом экономическом сообществе, часть промышленно-развитых стран вновь начинает обращаться к идеям протекционизма по выходу из экономического кризиса. Вместе с тем кризис показал, что страны, которые экспортируют много услуг и товаров с большой долей добавленной стоимости испытывают меньшие трудности, чем те, экспорт которых в значительной степени ориентирован на сырье или товары с малой долей переработки и незначительно на услуги. Это можно объяснить тем, что одной из важнейших тенденций в развитии человеческого общества, проявляющейся в последние три десятилетия, является дематериализация его существования. Общей причиной этого социально-экономического явления следует признать стремление хозяйствующих субъектов к уменьшению своих затрат. При этом становится заметным «переключение» их внимания с факторов повышения эффективности в основном производстве на факторы, связанные со стадией подготовки производства.

Можно предположить, что ослабление экономической активности в стране с высокоразвитой сферой услуг в меньшей степени ухудшает ее положение чем в менее развитой, так как сокращение в этой сфере рабочих мест менее болезненно чем в материальном производстве. Поэтому в странах, где значительная часть национального продукта создается с помощью материального носителя, потери связаны не только с квалификацией работников, но и основного капитала, который теряет свою стоимость. Соответственно, выход из современного кризиса более благоприятен для развитых стран, так как стадия депрессии обычно заканчивается с началом обновления основного капитала, которое осуществляется на основе внедрения научно-технических разработок, предлагаемых сектором инновационных услуг национальной экономики.

В этой связи, определенный интерес представляет анализ этой сферы национальной и международной экономики с позиции теории, созданной М. Портером. Она вошла в экономическую теорию под названием «теория конкурентных преимуществ», так как в своей идее сводится к оценке факторов, формирующих конкурентную среду национальной экономики, так называемый «национальный ромб». Он выделяет четыре составляющих конкуренции: параметры факторов производства, участвующих в создании товаров

УДК 664.012

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ В КОНФИГУРАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

И. Э. ИЛЮШИН, М. М. КОЖЕВНИКОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

В современной промышленности довольно широкое распространение получают роботизированные технологические комплексы, особенно это касается машиностроительной отрасли, поскольку выполнение ряда технологических операций считается вредным или опасным для здоровья человека (роботы-манипуляторы используются для автоматизации технологических процессов точечной контактной и дуговой сварки, сборки под сварку на фиксирующих приспособлениях, сборки узлов автомобилей). Однако высокая технологическая сложность таких операций существенно ограничивает применение роботов в этой области: основная сложность заключается в планировании траектории движения роботов-манипуляторов. Однако существующие коммерческие CAD/CAM системы не позволяют решить данную задачу в полном объеме. В большинстве случаев приходится прибегать к применению типовых решений, которые проверяются путем геометрического моделирования. Это решает некоторые проблемы, однако создает и новые: подход очень трудоемкий, а те ошибки, которые появляются в результате наладки, приводят к застою производства, ведь на их устранение и повторное перепрограммирование комплекса уходит немало времени. Поэтому зачастую для планирования траекторий роботов-манипуляторов на производстве применяется так называемый метод ручного обучения, однако это приводит к тому, что процесс записи необходимой траектории в память становится довольно длительным и не всегда надежным, ведь качество напрямую зависит от навыков оператора, осуществляющего запись.

Рассмотрим конфигурационное пространство робота-манипулятора, а точнее множество свободных от столкновений конфигураций робота, то есть свободное от столкновений конфигурационное пространство C_f. Если задана пара конфигураций q_s и q_g, которые являются стартовой и целевой конфигурацией, соответственно, то задача планирования траектории состоит в следующем: необходимо найти непрерывную траекторию τ: $[0,1]\rightarrow C_f$ такую, что $\tau(0)=q_s$ и $\tau(1)=q_g$. И поскольку вычисление C_f представляет значительную трудность, то для приближенного описания данного множества используются его статистические модели.

Задача синтеза статистической модели конфигурационного пространства может быть сформулирована следующим образом: в свободном конфигу-

рационном пространстве робота C_f необходимо определить подмножество случайных конфигураций и множество соединяющих их траекторий при ограничениях на точность позиционирования δ и ограничениях на ориентацию инструмента.

В данной работе предложен метод синтеза статистической модели конфигурационного пространства на основе точных трехмерных CAD-моделей сборочно-сварочного робота-манипулятора и препятствий. Предложенный метод синтеза основан на задании модели конфигурационного пространства в виде графа $R=(V, E)$, где V – множество свободных от столкновений конфигураций робота манипулятора, E – множество прямолинейных траекторий соединяющих свободные от столкновения конфигурации. Задача синтеза решается путем последовательной дискретизации n-мерного конфигурационного пространства робота и выполнением теста на допустимость для каждой дискретной конфигурации. Если дискретная конфигурация проходит тест, то в граф R добавляется новая вершина.

Для решения задачи планирования траектории предлагается использовать метод, основанный на топологически упорядоченной нейронной сети. В отличие от известных моделей такого типа, предложенная нейронная сеть представляет собой множество, состоящее из N^n нейронов, которые распределены над областью n-мерного конфигурационного пространства. Таким образом, каждой дискретной конфигурации робота q_a ставится в соответствие нейрон, соединенный с d соседними нейронами. Расположение нейрона в системе координат нейронной сети соответствует некоторой конфигурации робота. Каждому прямолинейному участку траектории между двумя соседними конфигурациями q_a и q_b ставится в соответствие величина весовой связи между нейронами a и b равная T_{ab}.

Таким образом, была проведена оптимизация траекторий роботов-манипуляторов, для чего предложена новая статистическая модель для описания свободного от столкновений конфигурационного пространства робота-манипулятора, а также новый алгоритм планирования оптимальных траекторий на основе нейронных сетей. Эффективность предложенного алгоритма планирования оптимальных траекторий роботов подтверждается результатами тестирования в экспериментальной системе моделирования движения роботов.

2020 г. самое благоприятное время для освоения и внедрения новых технологических инноваций, которые составят основу шестого технологического уклада (шестого цикла Кондратьева).

Следует отметить, что каждый большой цикл Кондратьева формируется мощной волной инноваций, имеющих широкое применение в различных отраслях. Технологии шестого технологического уклада уже завершаются на уровне разработок в рамках пятого технологического цикла, а коммерческое применение инновационных продуктов на их основе закончится примерно до 2020 года. Важно, чтобы выкристаллизовался поток инноваций, носящий характер широкого применения, поступал в старые уже существующие отрасли экономики, увеличивая там добавленную стоимость и обеспечивая значительный рост производительности труда.

На роль базисных технологий шестого цикла Кондратьева претендуют компьютерные технологии, нанотехнологии, биотехнологии, клеточные технологии, генная инженерия, сверхпроводники и экологически чистая энергетика. Но мы не знаем сегодня точно, какие из них станут инновациями широкого применения.

Российский экономист Полтерович В. М. утверждает, что глобальные циклические кризисы возникают из-за инновационной паузы, когда действующие технологии широкого применения уже исчерпали свои возможности как мотор экономического роста, а новые пока не готовы взять на себя эту роль. Мировая практика показывает, что траектория ВВП определяется в основном траекторией движения устоявшихся традиционных отраслей экономики. Так, базисные темпы роста промышленного производства в США отстают от динамики ВВП, что сделало ее экономику неустойчивой. В то же время Южная Корея, благодаря опережающим темпам роста обрабатывающих отраслей промышленности, пережила кризис без больших потерь. Поэтому, в первую очередь, необходимо осуществлять технологическую модернизацию обрабатывающих отраслей промышленности.

Поскольку в периоды кризисов и депрессий имеют место рост безработицы и снижение заработной платы и, вместе с тем, именно в эти периоды запускаются базисные технологии, то очень важны социальные инновации, т. е. стимулирование технических нововведений. Принципиально важным является то, что без спада, т. е. насильственного выравнивания предложения и спроса посредством сжатия промышленного производства, за счет ухода из процесса воспроизводства наименее эффективных предприятий, невозможно начало нового цикла и достижение новых высот в экономическом развитии. Поэтому в период депрессии роль государства становится очень весомой в аспекте формирования путей развития общества на следующие 20–30 лет, что требует от правительства стратегического долгосрочного планирования и управления экономическим развитием. Сегодня мировая экономика переживает фазу депрессии, которая протянется примерно до 2020 г. Следовательно, с 2020 г. начнется следующий шестой кондратьевский цикл развития мировой экономики.

УДК 621.9

ОБ ИННОВАЦИОННО-ЦИКЛИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ КАК ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Н. А. СЕРГЕЙЧИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На современном этапе развития экономики ведутся поиски единой универсальной экономической теории. Очевидно, в основе этой теории должна быть теория инновационного экономического развития Шумпетера и теория длинных волн Кондратьева. Длинные волны Кондратьева имеют примерно полувековую продолжительность и состоят из двух стадий – повышательной (фазы – оживление и подъем) продолжительностью 20–30 лет и понижательной (фазы – спад и депрессия) продолжительностью около 20 лет. Началу повышательной стадии предшествуют фазы спада (кризиса) и депрессии предыдущего экономического цикла.

Н. Д. Кондратьев всесторонне обосновал закономерную связь повышательных и понижательных стадий больших циклов с волнами технических изобретений и их практического использования. Позже Й. Шумпетер разработал инновационную теорию экономического развития, основываясь на теории больших циклов Кондратьева, которая должна стать фундаментом современной теории экономического развития. Шумпетер писал, что когда инновации внедряются в экономику, имеет место так называемый «вихрь созидательного разрушения», подрывающий равновесие прежней экономической системы, вызывающий уход с рынка устаревших технологий и отживших организационных структур, приводящий к появлению новых жизнеспособных отраслей, в результате чего и происходит рост экономики и благосостояния людей. Таким образом, инновации выступают в роли локомотива экономического подъема, прокладывающего дорогу становлению нового кондратьевского цикла. Поскольку для теории инновационного развития Шумпетера циклы Кондратьева имеют принципиальное значение, то эту взаимосвязь можно представить как теорию инновационно-циклического экономического развития Шумпетера-Кондратьева. Образно выражаясь, эту теорию можно представить стволом экономического дерева, а неокейнсианскую, неоклассическую и монетаристскую теории – его ветвями.

Немецкий исследователь Г. Менш установил, что в периоды депрессии и оживления экономика наиболее восприимчива к инновациям, что инновационный процесс является циклическим, и каждый раз заканчивается образованием кластеров инноваций. Поэтому успех государственной инновационной политики зависит от способности правительства предвидеть и активно содействовать инновационному процессу в периоды депрессии и оживления. Если поддержка осуществляется с запозданием, то эффективность инвестиций значительно снижается. Экономист А. А. Акаев считает, что период до

УДК 621.9

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ И УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

А. В. КАЗАКОВ, А. А. ЖОЛОБОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

В настоящее время существует довольно большое количество интегрированных CAD/CAM систем (КОМПАС, T-FLEX, NX и др.), в которых геометрическая информация из рабочего чертежа детали используется для автоматизированного программирования обработки на станках с ЧПУ. В то же время практически отсутствуют системы, в которых информация из рабочего чертежа детали использовалась бы для автоматизированной генерации управляющей программы на основе результатов структурно-параметрической оптимизации и прогнозирования точности обработки. Это обусловлено тем, что в CAD-системах формируется геометрическая информация, которую весьма сложно интерпретировать в вид, пригодный для автоматизации проектирования технологической операции. Учитывая, что большинство существующих CAD-систем имеют интегрированные системы программирования, например, Visual LISP, Visual Basic For Application или API интерфейс совместимый с языками программирования C++, C#, Object Pascal, задача интеграции конструкторских и технологических САПР может быть решена путем разработки объектно-ориентированных подсистем конструирования токарной операции. В связи с этим разработана объектно-ориентированная подсистема автоматизированного проектирования деталей типа валы в среде AutoCAD.

Данная подсистема позволяет в процессе создания рабочего чертежа целенаправленно формировать массивы данных, необходимых для автоматизации генерации управляющей программы. Причём каждый рабочий ход этой управляющей программы является скорректированной траекторией движения резца, полученной на основе структурно-параметрической оптимизации и прогнозирования точности обработки.

В основе объектно-ориентированной подсистемы автоматизированного проектирования деталей типа тел вращения лежит принцип декомпозиции изображения детали на элементарные поверхности, комплексы поверхностей и их параметризация.

Автоматическое построение изображений элементарных поверхностей выполняется функциями, параметры которых задаются через диалоговые окна. Параметрами типовой поверхности, кроме основных размеров, являются

шероховатость, квалитет точности, допустимые отклонения профиля продольного и поперечного сечений, местная термообработка.

Вставка изображения типовой поверхности в чертеж детали происходит в виде блока с атрибутами. Атрибуты содержат сведения о значениях параметров поверхности, которые используются не только для построения изображения, но в дальнейшем и для осуществления структурно-параметрической оптимизации. Формирование изображений комплексов поверхностей выполняет группа функций построения типовых поверхностей с параметрами. Задаваемые параметры поверхностей или комплексов поверхностей используются функциями, которые автоматизируют нанесение размеров и технических требований на чертеже детали и практически исключают эту трудоемкую процедуру из процесса проектирования.

При задании параметров поверхности одновременно происходит формирование массивов данных, которые содержат сведения о форме, размерах, точности, качестве обработки отдельных ступеней. Формируемые в процессе создания чертежа детали массивы данных используются в дальнейшем для автоматизации проектирования управляющей программы. В базе данных файла рабочего чертежа детали сведения о параметрах поверхности хранятся в виде скрытых и видимых атрибутов блоков, которые представляют собой изображения типовых поверхностей и их комплексов. Исходными данными для автоматизированного проектирования токарной операции являются сведения о заготовке, детали и ее поверхностях. Исходные данные могут быть введены по средствам диалоговых окон в автоматическом режиме.

Автоматизированную подготовку данных для структурно-параметрической оптимизации, прогнозирования точности обработки и проектирования управляющей программы выполняет функция извлечения атрибутов блоков и формирования входных массивов. Подобный подход к формированию данных для автоматизированного проектирования технологической операции позволяет свести к минимуму затраты труда технологов на проектирование технологических процессов. В этом случае в задачи технологов входит только предварительная однократная настройка на условия производства базы данных.

Подобный подход к автоматизации конструкторского проектирования позволяет повысить производительность труда конструкторов в десятки раз и одновременно автоматизировать подготовку данных, необходимых для автоматизированного проектирования токарной операции.

примечательностях, исторических достопримечательностях и о других пользователях, находящихся в той же местности и ищущих те же ресурсы. Умные объекты, такие как, например, объекты, внешняя поверхность которых – рабочий интерфейс, или объекты с сенсорами или RFID-метками, дают возможность обучающимся взаимодействовать с окружающей образовательной средой.

Технологии, объединяющие данные из разных источников в один интегрированный инструмент. Мэшапы объединяют данные и функционал из двух и более внешних источников для образования нового сервиса. Разрабатываются новые средства авторского создания мэшапов, не требующие от пользователей специальных технических знаний.

Серьезные мобильные игры. Ассортимент игр для мобильных устройств продолжает интенсивно пополняться играми, которые разработаны в соответствии с когнитивными и аффективными результатами обучения. Они могут быть легко внедрены в учебный процесс в соответствиями с нуждами и целями обучающихся. Доступ к ним открыт в любое время в любом месте.

Технологии расширенной реальности на мобильных устройствах становятся повсеместно доступным продуктом для развлечения и обучения. Инновационные сценарии обучения возможны и часто включены в контексты реального мира, однако раньше они были ограничены стенами учреждений формального образования.

Семантически-интеллектуальные приложения. Семантическая паутина подразумевает объединение информации из разнообразных источников, а также использование ее в различных целях наиболее продуктивным способом. Практика присвоения информации меток (тэгов), возможность пользователям самостоятельно создавать содержание Паутины, а также современные достижения в оптимизации поиска в сети предоставляют возможность создания сетей знаний и мэшапов.

Смартфоны – инструменты мобильного обучения становятся все более мощными, гибкими и многозадачными инструментами доступа к информации. Они предоставляют широкий ассортимент приложений, таких как, например, графические калькуляторы или игры.

Потоковое видео. Видео-сайты, например, Youtube пользуются большой популярностью. Широкое распространение получили он-лайн обучающие видео и руководства. Многие университеты, как традиционные, так и открытые, имеют свои каналы на Youtube.

Материальные объекты для обучения. Понимание взаимосвязи между осязаемыми объектами и когнитивными процессами выльется в разработку новых интерфейсов, что приведет к новым возможностям улучшения обучения в разных физических условиях.

Инструменты создания групповых знаний. Использование вики, блогов, форумов и инструментов оперативного обмена сообщениями облегчает построение знаниями и их обмен. Тэги, комментарии и оценки добавляют ценность существующим ресурсам.

УДК 378 : 004.3

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

К. С. САМАРЦЕВ, С. О. КАМИНСКАЯ, С. Б. САМАРЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Современные направления развития инноваций в области обучения заключаются в расширенном применении компьютерных технологий и создании новых способов обучения, радикально изменяющих понимание сущности предмета и объекта обучения. В формальном образовании сняты противоречия в методологии обучения между испытанной практикой и непрерывными инновациями, о несомненной пользе последних. Удалось актуализировать проблемы:

а) применения практического опыта современных педагогических моделей, где обучающийся – объект, порождающий изменение процессов, отношений, условий управления ВУЗом и педагогической деятельностью;

б) обучения людей с ограниченными возможностями;

в) обучения в социальных сетях на основе опыта масс как источника информального обучения;

г) подходы к изменению методов обучения без преподавателей;

д) личных установок в образовании – на стыке информального образования и формального и др.

Необходимость поддержки новых образовательных моделей породила мобильное обучение, адаптивные образовательные траектории, образовательную аналитику с помощью следующих технологий.

Устройства отображения информации на внешнюю среду. Такие устройства используют физическое окружение как интерфейс для цифровой информации. В то время как в традиционных интерфейсах, например, на экране компьютера различные источники информации конкурируют за относительно небольшой участок дисплея, в предлагаемых устройствах информация переноситься с экрана на физическое окружение и представляется в виде незаметных изменений в форме, движении, звуке, цвете, запахе, температуре, свете и т. д.

Облачная обработка данных для плавной поддержки обучения обеспечивает доступ к информации и приложениям с помощью сетевого соединения. Информация синхронизируется через различные мобильные и стационарные устройства вывода.

Технологии, использующие данные географического позиционирования. Умные объекты. Технологии позиционирования и технологии, знающие контекст, в реальном времени информируют обучающихся о ресурсах, находящихся в непосредственной географической близости, о досто-

УДК 621.83.06

РАЗРАБОТКА СТЕНДА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КПД УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Д. Н. КАЛЕЕВ, А. В. КАПИТОНОВ, Е. Н. АНТОНОВА,
С. А. ИГНАТОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В червячной передаче, как известно, помимо потерь передаваемой мощности, свойственных зубчатой передаче, имеются потери мощности, свойственные винтовой паре. Поэтому, КПД червячного редуктора значительно меньше, что является основным недостатком червячных передач.

Склонность витков резьбы червяка и зубьев колеса к заеданию требует применения для венцов червячных колёс дорогих антифрикционных материалов, таких как бронзовые сплавы.

Повышение нагрузочной способности червячной передачи осуществляется применением в сопряжении червяк – колесо антифрикционных пар материалов (высокотвердый стальной червяк и колесо из оловянистой бронзы) и оптимизацией геометрии зацепления.

В предлагаемой конструкции червячной цилиндрической передачи оптимизация геометрии зацепления ведется в направлении снижения контактных напряжений путем увеличения приведенного радиуса кривизны и увеличения суммарной длины контактных линий, а также в направлении обеспечения в зацеплении условий для возникновения масляного клина и перехода от режима граничного трения к жидкостному. Последнее обеспечивается приданием червяку и колесу такой формы, чтобы контактные линии в передаче располагались под углами, близкими к 90° к векторам скорости скольжения.

Новая конструкция червячной передачи позволила заменить бронзовый венец на стальной.

Для исследования КПД червячного редуктора разработан стенд, который состоит из следующих элементов: ПЭВМ, асинхронного частотно-регулируемого электродвигателя, датчика крутящего момента, соединенного с входным и выходным валами редуктора, электромагнитного тормоза. Датчики крутящего момента снимают показания с выходного и входного вала редуктора и передают данные на ПЭВМ, которая обрабатывает данные и выводит показания крутящего момента на входном и выходном валу.

В результате экспериментальных исследований получены графики зависимостей КПД от момента на выходном валу.

По полученным графикам видно, что червячный редуктор на базе усовершенствованной червячной передачи с червячным колесом, имеющим ве-

нец из стали 40ХЛ (рис. 1) имеет более высокий КПД (0,75) по сравнению с образцом, в котором в качестве материала венца использовался чугун (КПД ≈ 0,71)(рис. 2) и практически не отличается от КПД червячной передачи с бронзовым венцом (КПД ≈ 0,74).

Рис. 1. Зависимость КПД усовершенствованного редуктора от момента на выходном валу, материал венца колеса – сталь 40ХЛ

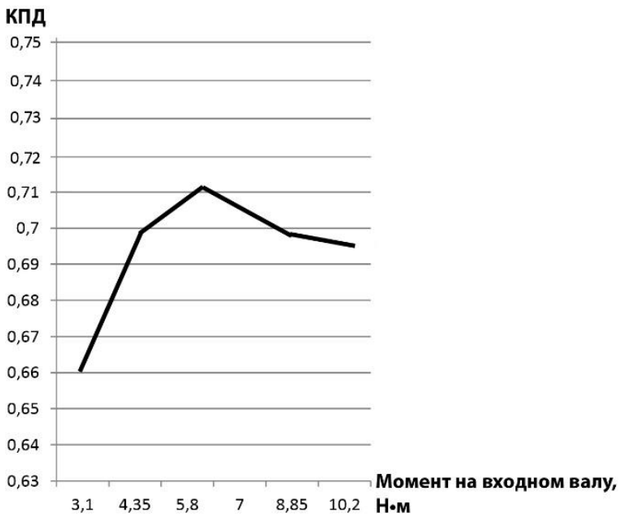


Рис. 2. Зависимость КПД редуктора от момента на выходном валу, материал венца колеса – чугун СЧ 30

ни путем судебных разбирательств, хотя и то, и другое имеет место в практике транспортного рынка. Нормальная работа транспортных предприятий в условиях конкуренции требует разработки «правил игры» (какие виды деятельности допустимы для различных предприятий, какие тарифы можно применять, как должны строиться отношения с клиентурой и т. д.) и наличия органа, который следил бы за соблюдением этих правил. Очевидно, что подобные функции должно взять на себя государство.

5. Необходимо устанавливать и контролировать единые нормы, стандарты и правила в области охраны окружающей среды, безопасности движения, условий труда на транспорте, а также единые технические стандарты. Только государственные органы в состоянии финансировать и организовывать работу в области стандартизации, повышения безопасности транспорта, снижения вредных воздействий транспорта на окружающую среду, контроля выполнения соответствующих требований и т.д.

Выше приведенный перечень можно расширить и такими предпосылками, как:

– необходимость эффективного транспортного обеспечения ликвидации последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф, а также потребность в концентрации транспортных ресурсов для осуществления срочных экономических акций общегосударственного значения и т. д.;

– международный характер транспортной деятельности и необходимость контроля соблюдения соответствующих международных соглашений;

– необходимость решения проблем землеотвода для сооружения транспортных систем (часто невозможно без участия государственных органов);

– важнейшая роль транспорта в системе обороны страны, которая во всех случаях контролируется государством.

Таким образом, государственное регулирование транспортной деятельности является, независимо от особенностей действующей экономической системы, объективной необходимостью.

УДК 338.2

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Н. В. РУБАНОВА, И. Я. КУРСОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Необходимость регулирования транспортных услуг характеризуется следующими предпосылками.

1. Транспорт является важнейшим элементом производственно-социальной инфраструктуры и находится в «блоке» с другими инфраструктурными отраслями: энергетикой, связью, материально-техническим снабжением, которые при любом экономическом механизме, являются объектом постоянного контроля со стороны государства.

2. Необходимо контролировать деятельность транспортных предприятий, находящихся в условиях «естественной монополии». Классическим примером естественной монополии на транспорте является железнодорожный транспорт. Естественным транспортным монополистом до недавнего времени являлись и автотранспортные предприятия, размещенные в районах, где нет других крупных владельцев автотранспорта.

Отечественная и зарубежная практика свидетельствуют об одном: естественный монополист-транспортник во всех случаях стремится извлечь из своего положения максимальную пользу, отказываясь от невыгодных для него перевозок, а также произвольно завышая тарифы. Поэтому при организации и лицензировании подобных транспортных предприятий государство, наделяя их правом на монопольное обслуживание своего сектора рынка, в обязательном порядке сохраняет за собой функции контроля качества обслуживания клиентуры, уровня тарифов, отсутствия отказов в обслуживании и т. д.

3. Необходимо контролировать и во многих случаях ограничивать уровень транспортных тарифов. Контроль ценообразования на транспорте имеет исключительное значение для нормального функционирования рыночной экономики. В условиях свободных цен рост транспортных тарифов вызывает адекватное повышение стоимости доставляемых транспортными предприятиями товаров, а также услуг, требующих транспортного обеспечения. Поэтому рост транспортных тарифов является одним из факторов общего роста цен и развития инфляционных процессов.

4. Необходимо обеспечить защиту транспортных предприятий от недобросовестных конкурентов. Многолетний мировой опыт показывает, что взаимоотношения транспортных предприятий, конкурирующих между собой, не могут быть урегулированы ни на основе их обоюдных соглашений,

УДК 621.923.4

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

И. Д. КАМЧИЦКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Достижение требуемого качества обработанной поверхности является одним из главных направлений развития современной технологии машиностроения. Технологические методы формирования поверхностного слоя с заданными эксплуатационными свойствами являются основными для обеспечения необходимого ресурса работы машины. Как известно, качество обработанной поверхности характеризуется шероховатостью поверхности, физико-механическими свойствами поверхностного слоя металла и остаточными напряжениями.

Шероховатость поверхности после механической обработки – это геометрический след обрабатывающего инструмента, искаженный в результате пластического и упругого деформирования элементов технологической системы. Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхностей ГОСТ 2789-73 устанавливает шесть параметров: три высотных (Ra, Rz, $Rmax$), два шаговых (Sm , S) и параметр относительной опорной длины профиля (tp).

Однако, основные приведенные параметры шероховатости не дают достаточной информации для анализа профиля поверхности с целью формирования требуемого эксплуатационного поверхностного слоя, и не могут помочь в определении типа характера распределения микровыступов или микровпадин в рельефе (регулярный или случайный), в проведении спектрального анализа рельефа и выявлении наиболее интенсивной гармоники в процессе и в решении других вопросов.

Для полного исследования шероховатости в последнее время широкое распространение получил корреляционный анализ и, в частности, две важнейших функции:

– корреляционная (автокорреляционная) функция профиля;

– функция спектральной плотности.

Автокорреляционная функция профиля поверхности (коррелограмма) формируется на основе графического документа – профилограммы, полученной путем записи участка поверхности детали длиной L на профилометре (рис. 1). Профилограмма указывает на вид связи между высотой микровыступов (микровпадин) по мере их удаления друг от друга в направлении их измерения.

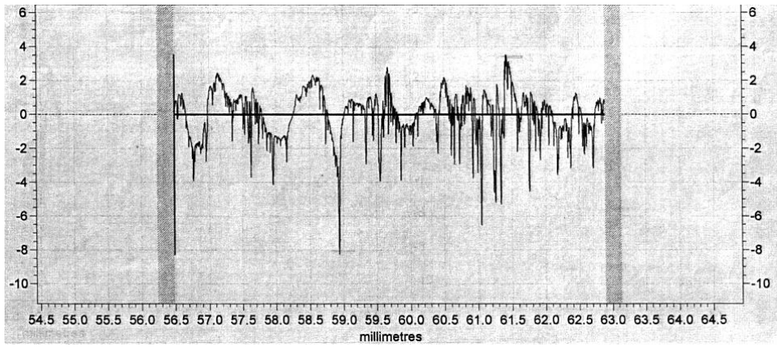


Рис. 1. Профилограмма плоской поверхности после импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки, записанная на приборе фирмы «Тайлор Хобсон»

Корреляционные функции определяются по точкам из следующего соотношения:

$$R(\tau) = \frac{1}{N \cdot \tau} \sum_{n=1}^{N-\tau} y_n y_{n+\tau},$$

где N – количество необходимых значений (точек) корреляционной функции; τ – номер шага.

В отличие от профилограммы автокорреляционная функция четко указывает на наличие (или отсутствие) детерминированных и случайных процессов, определяет долю их составляющих в профиле (рис. 2).

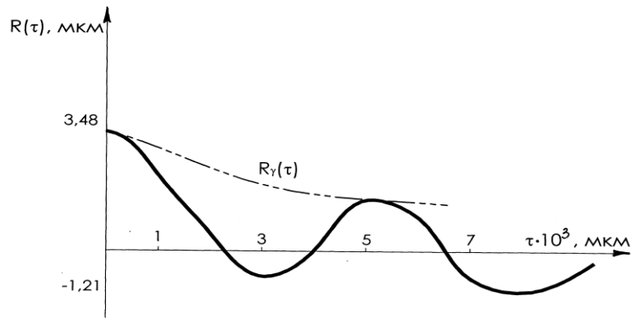


Рис. 2. Корреляционная функция поверхности после импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки

На рис. 2 случайная составляющая корреляционной функции $R\gamma(\tau)$ представляет собой кривую, проведенную через выступы. Коррелограмма представляет собой гармонику незатухающих колебаний с шагом волнистости 1,14 мм. В соответствии с классификацией шероховатых поверхностей этот вид поверхности имеет анизотропную структуру со случайным характером неровностей профиля.

– эффективность (ежегодное снижение удельной величины расхода энергоресурсов);

– системность (система энергопотребления должна включать всю совокупность элементов, ориентированных на достижение общих целей);

– иерархичность (осуществление многоуровневой организации системы потребления энергоресурсами, исключение возможных противоречий и конфликтов в распределении полномочий между ними);

– функциональность (распределение функций между участниками, деятельность которых направлена на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов);

– целенаправленность (процесс энергопотребления должен быть подчинен определенным целям);

– научность (использование прогрессивных научных идей в управлении топливно-энергетическими ресурсами);

– гибкость (быстрая приспосабливаемость к изменениям во внешней и внутренней среде);

– непрерывность (постоянное планирование, учет и потребление энергетических ресурсов и процедур управления).

Одним из основных принципов следует считать принцип эффективности, т.е. ежегодное повышение эффективности энергопотребления.

По отношению к конкретному предприятию как логистической системе поток энергоресурсов бывает двух видов:

– внешним;

– внутренним.

Внешний поток топливно-энергетических ресурсов движется за пределами логистической системы, а внутренний – представляет собой выполнение логистических операций с энергоресурсами внутри предприятия.

Внешний поток топливно-энергетических ресурсов подразделяется на два вида:

– входной (поступление энергоресурсов из внешней среды на предприятие);

– выходной (отгрузка готовой продукции).

Таким образом, наряду с транспортной, информационной, финансовой, сервисной, сбытовой, закупочной, складской логистикой и логистикой запасов необходимо выделить еще один раздел логистики – энергологистику. Ее ключевой категорией будет выступать поток топливно-энергетических ресурсов, совершенствование управления которым способствует повышению энергоэффективности.

УДК 620.93:621(476)

ЭНЕРГОЛОГИСТИКА – НАУКА И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Т. В. РОМАНЬКОВА, М. Н. ГРИНЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Рациональное и эффективное потребление топливно-энергетических ресурсов является одной из важнейших общенациональных задач, решение которой неразрывно связано с дальнейшим социально-экономическим развитием страны, укреплением экономической независимости и безопасности.

Рост объемов промышленного производства и расширение внутринациональных и мирохозяйственных связей также требуют усиления внимания к сокращению топливно-энергетических затрат при производстве продукции в условиях рыночной деятельности.

В настоящее время повышению эффективности энергопотребления на промышленных предприятиях будет способствовать использование принципов логистики в управлении потоками топливно-энергетических ресурсов. В связи с этим целесообразно выделить еще один отраслевой раздел логистики.

Под энергологистикой предлагается понимать оперативное управление потоками топливно-энергетических ресурсов в микро-, мезо и макрологистических системах.

На уровне микроэнергологистики решаются следующие основные задачи:

– планирование процесса энергопотребления;

– организация обеспечения логистической системы необходимыми топливно-энергетическими ресурсами;

– организация своевременного ремонта энергооборудования и др.

На макроуровне к задачам энергологистики относятся:

– выбор схемы распределения потоков топливно-энергетических ресурсов между организациями;

– проектирование и размещение пунктов производства энергии и др.

Энергологистика как система, ее объекты управления будут развиваться с учетом современных технических, конструкционных, экономических и организационных достижений в производственном процессе и в сфере управления.

В основу методологии энергологистики предлагается положить следующие методологические принципы управления потоками энергоресурсов, среди которых выделены:

УДК 536.24+66.015.23

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СТЕНКЕ

А. И. КАШПАР, В. Н. ЛАПТИНСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Рассмотрим задачу об определении распределения температуры в круговой цилиндрической оболочке (стенке), имеющей достаточно большую длину, чтобы теплоотводом с торцов можно было пренебречь, при этом граничные условия не зависят от полярного угла φ и продольной координаты z [1]. Поле температур в стационарном случае изменяется только по радиусу r. Изучим температурное поле в цилиндрической стенке с постоянно действующим внутренним источником теплоты в случае, когда его удельная мощность − линейная функция температуры вида $q_v = w_0(1+bT)$.

Соответствующая краевая задача для уравнения теплопроводности в цилиндрической системе координат имеет вид [2]:

$$\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}+\frac{w_0}{\lambda}(1+bT)=0;\quad T(r_1)=\tilde{T}_1,\quad T(r_2)=\tilde{T}_2,\quad 0<r_1<r_2. \qquad (1)$$

Для построения решения задачи (1) воспользуемся модификацией методики [3], при этом функцию $T(r)$ будем искать в виде

$$T(r)=\sum_{k=0}^{\infty}T_k(r),$$

где

$$T_0(r)=\tilde{T}_1+\int_{r_1}^{r}Y_0(s)ds,\qquad Y_0(r)=-\frac{w_0}{\lambda}\int_{r_1}^{r_2}\varphi(r,s)ds+\frac{\tilde{T}_2-\tilde{T}_1}{r_2-r_1},$$

$$T_{k+1}(r)=\int_{r_1}^{r}Y_{k+1}(s)ds,\qquad Y_{k+1}(r)=-\int_{r_1}^{r_2}\varphi(r,s)\left(\frac{w_0b}{\lambda}T_k(s)+\frac{1}{s}Y_k(s)\right)ds,$$

$$\varphi(r,s)=\begin{cases}\dfrac{s-r_1}{r_2-r_1}, & r_1\le s\le r\le r_2,\\[2mm] \dfrac{s-r_2}{r_2-r_1}, & r_1\le r<s\le r_2.\end{cases}$$

Выполним соответствующие вычисления при следующих исходных данных:

$$\lambda=45.4,\quad w_0=1000,\quad b=0.1,\quad r_1=1,\quad r_2=1.1,\quad \tilde{T}_1=100,\quad \tilde{T}_2=10. \qquad (2)$$

Используя приведенную выше методику, получим:

$$T(r) \approx \tilde{T}_1(r) = T_0(r) + T_1(r) = 1.854224r^4 + 308.666702r^3 - 1042.612473r^2 -$$
$$-661.153893r + 877.848101r\ln r + 1493245142, \qquad (3)$$
$$T(r) \approx \tilde{T}_2(r) = T_0(r) + T_1(r) + T_2(r) = -0.130416r^6 - 32.559779r^5 + 182.682190r^4 +$$
$$+335.362140r^3 - 543.089153r^2 - 1775.337088r - 308.666702r^3\ln r -$$
$$-661.153893r\ln r - 438.924051r\ln^2 r + 1933.072105. \qquad (4)$$

Сравним полученные приближенные решения (3), (4) с точным решением, представленным в [2]:

$$T(r) = c_1 J_0\left(r\sqrt{w_0 b/\lambda}\right) + c_2 Z_0\left(r\sqrt{w_0 b/\lambda}\right) - 1/b, \qquad (5)$$

где J_0, Z_0 − функции Бесселя I и II родов нулевого порядка. Для получения значений J_0, Z_0 воспользуемся специальными функциями, встроенными в Mathcad. Используя исходные данные (2) в уравнении (5), получим $c_1 = 643.660798, c_2 = -652.843422$.

Вычислим соответствующие максимальные относительные погрешности в точках $r_i = 1 + 0.01i \quad (i = 0,1...,10)$:

$$\sigma_1 = \max_i \left| \frac{T(r_i) - \tilde{T}_1(r_i)}{T(r_i)} \right| \cdot 100\% = 0.0182\% \ ;$$

$$\sigma_2 = \max_i \left| \frac{T(r_i) - \tilde{T}_2(r_i)}{T(r_i)} \right| \cdot 100\% = 0.00037\% .$$

Аналогично сравним функции $\tilde{Y}_1(r), \quad \tilde{Y}_2(r)$ с $Y(r) = dT(r)/dr$:

$$\delta_1 = \max_i \left| \frac{Y(r_i) - \tilde{Y}_1(r_i)}{Y(r_i)} \right| \cdot 100\% = 0.0731\% \ ;$$

$$\delta_2 = \max_i \left| \frac{Y(r_i) - \tilde{Y}_2(r_i)}{Y(r_i)} \right| \cdot 100\% = 0.00061\% .$$

Из анализа полученных результатов видно, что предложенная методика решения краевой задачи (1) достаточно удобная для применений и поэтому может быть использована для решения соответствующих прикладных задач теплофизики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / Под ред. В. К. Кошкина. – М. : Машиностроение, 1975. – 624 с.

2. Теория тепломассообмена: учебник для вузов/ С. И. Исаев [и др.]; под ред. А. И. Леонтьева. – М. : Высш. шк., 1979. – 495 с.

3. **Кашпар, А. И.** К расчету температурного поля в круговой цилиндрической стенке / А. И. Кашпар, В. Н. Лаптинский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 18–19 апр. 2013г. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С.39.

взаимоувязки технологических и организационных, маркетинговых инноваций.

Сегодня предприятия Беларуси в основном заимствуют технологические новшества – в структуре затрат на инновации основную долю составляют затраты на приобретение оборудования, поэтому важно одновременно с обновлением технологической базы проводить обучение персонала.

Между тем число инновационно активных предприятий, осуществляющих обучение персонала, невелико. Ещё меньше число предприятий, осуществляющих затраты на маркетинговые исследования в связи с инновационной деятельностью, только где-то каждое десятое инновационное предприятие промышленности стремится финансировать разработку инструментов маркетинга для продвижения инноваций.

В инновационной политике по-прежнему отсутствуют инструменты (программы, проекты), которые бы способствовали использованию достижений общественных наук, новых методов управления, организации производства (программы мобильности, переобучения, поддержки взаимодействия, создание сетей).

Разработка инновационной политики требует лучшего понимания воздействия различных сбоев рыночного механизма на инновационный процесс и взвешивания потенциальных выгод и затрат на реализацию мер поддержки инноваций.

Существуют риски, что из-за неполной или ассиметричной информации правительство может быть не в состоянии сделать такую оценку. Поэтому в современных условиях большое значение приобретают новые показатели измерения инноваций и механизмы оценки.

Общий эффект от расширения концепции инновационной политики (отход от технократического толкования её целей и задач) обеспечит появление нового уровня стратегических задач (и политических инструментов), дополняющих уже существующие, что позволит повысить комплексность политики, улучшить координацию и согласование её механизмов.

Все это обеспечит новое качество технологического развития промышленных предприятий Республики Беларусь, увеличит экспорт высокотехнологичной, конкурентоспособной продукции, сохранит экономическую безопасность страны.

УДК 338

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Л. И. ПУШКИНА, О. И. ЧУМАЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Для Беларуси быстрое развитие науки, а также инновационной деятельности имеют стратегическое значения. В условиях глобализации, вступления всё новых стран во Всемирную торговую организацию, усиливающихся интеграционных процессов на постсоветском пространстве, научно-технологическое развитие призвано обеспечить реализацию важнейших задач по повышению наукоемкости отечественной продукции, росту ее конкурентоспособности на внутренних и внешних рынках.

Если оценивать интенсивность затрат на инновации в промышленности за последние годы (отношение затрат на технологические инновации к объёму отгруженной продукции в процентах), то следует отметить, что этот показатель находится на среднеевропейском уровне. Но в секторе высоких технологий интенсивность затрат на технологические инновации ниже, чем в секторе производств более низкого технологического уровня.

Предприятия промышленности сохраняют интерес к научной обеспеченности производственного процесса: в 2013 г. из 443 предприятий, осуществляющих затраты на технологические инновации 249 или 56,2 % имели расходы на научно-исследовательские работы в структуре инновационных затрат, удельный вес которых за последние годы вырос и в 2013 г. составил 36,3 % общей величины затрат. Однако около 70 % расходов на науку было выполнено собственными силами предприятий и только треть – сторонними организациями (НИИ, вузами и др.), что говорит о недостаточном взаимодействии участников, интенсивности кооперационных связей в инновационном процессе.

Не соответствует мировой практике деление продукции по степени новизны в Беларуси (новая «для внутреннего рынка» и новая «для мирового рынка»). Международная статистика выделяет новую продукцию «для предприятия» и «новую продукцию для рынка», поскольку рынок становится всё более глобальным, особенно в сфере инноваций.

Формирование единого экономического пространства России, Беларуси и Казахстана (ЕЭП) требует унификации статистики инноваций в соответствии с международными стандартами, что позволит адекватно им формировать направления совместных действий в рамках ЕЭП.

Исследования структуры затрат на инновации свидетельствуют ещё об одной системной слабости инновационной системы Беларуси – отсутствие

УДК 621.914

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Е. Ю. КУКЛО
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брянск, Россия

Процессы проектирования, технологической подготовки производства, анализа и изготовления изделий в машиностроении не обходятся без применения систем автоматизированного проектирования. Однако до сих пор недостаточно автоматизированным остается процесс выбора режущего инструмента для обработки деталей, в частности, при фрезеровании. Технологу при выборе фрезерного инструмента приходится просматривать бумажные и электронные каталоги различных производителей, содержащие огромное разнообразие назначений, форм и типов фрез. В основном он ориентируется не на объективные критерии выбора, а на рекламную информацию производителей. Существующие автоматизированные базы данных разработаны для конкретного производителя, не позволяют определять оптимальную стратегию обработки, выбирать высокопроизводительный инструмент и изменять критерии выбора инструмента.

Режимы резания и структура затрат предприятия оказывают больший эффект на стоимость готовых деталей по сравнению со сроком службы инструмента и его стоимостью. Выгоднее использовать более дорогие инструменты, но работающие на высоких режимах резания, чем использовать дешевые инструменты с низкой производительностью. Так, например, увеличение режимов резания на 20 % снизит затраты на производство одной детали более чем на 10 %, поскольку это уменьшит накладные расходы, затраты на эксплуатацию металлорежущего оборудования, и на заработную плату операторов. А увеличение срока службы инструмента на 50 % или снижение его стоимости на 30 % приведет к общему снижению затрат на изготовление одной детали всего лишь на 1–2 %, так как затраты на инструменты в среднем составляют 3–5 % от производственных затрат [1].

Задача выбора инструмента осложняется огромным разнообразием назначений, форм и типов фрез. Но кроме правильного выбора инструмента, также важно использовать его правильным образом и с рациональными режимами резания. Для этого применяют различные стратегии и методы фрезерования. Таким образом, выбор инструмента и назначение режимов резания необходимо проводить с учетом применяемой стратегии и метода обработки. Что еще в большей степени, осложняет задачу выбора инструмента, вводя в область поиска решений дополнительные измерения.

Для решения этой задачи необходимо разработать автоматизированную систему, интегрированную с CAD/CAM системами, и для конкретной детали предлагающую технологу наилучший фрезерный инструмент различных производителей, а также наиболее эффективную стратегию обработки и высокопроизводительные режимы резания, в соответствии с критериями, которые задаются пользователем.

Выбор инструмента, для обработки поверхности в разрабатываемой системе, предполагается проводить в следующем порядке:

– определение возможных стратегий и методов обработки;

– выбор подходящих типов фрез;

– выбор инструментов, подходящих для каждой альтернативы обработки;

– расчет режимов резания для каждой альтернативы;

– выбор наилучших альтернатив с точки зрения экономической эффективности обработки [2].

Эти действия система должна производить автоматически. От пользователя требуется только предоставить исходные данные для выбора инструмента от CAD-системы. Информация о рекомендуемых программой инструментах и режимах резания передается непосредственно в CAM-систему, а также может быть представлена для просмотра в удобном для пользователя виде.

Основой системы является база данных, содержащая информацию об инструментах различных производителей, а также данные о режимах резания и критерии выбора наилучшего инструмента.

Создаваемая автоматизированная система позволит сократить трудозатраты технолога-программиста при выборе фрезерного инструмента, стратегии обработки и назначении режимов резания, а также сократить затраты на механообработку, благодаря расчету наиболее производительных режимов резания, выбору более производительного инструмента, либо более дешевого, но не уступающего по характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SANDVIK Coromant Technical Guide. – Руководство по металлообработке: Технический справочник от SANDVIK Coromant, 2000. – 169 с.

2. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ: монография / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск : БГТУ, 2010. – 148 с .

Табл. 2. Уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании различных энергоносителей

Вид топлива	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух без систем очистки, тонн на 1 тыс. тонн топлива				
	CO_2	NO_2	SO_2	Твердые частицы	Итого
Природный газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Древесные брикеты, пеллеты	4,68	9,31	0,28	4,11	17,69
Древесина дровяная	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Опилки древесные	5,0	9,6	0,5	5,0	20,0
Древесные отходы, обрезки	5,2	9,9	0,4	5,2	20,7
Быстрорастущая древесина	4,8	9,5	0,0	8,4	22,7
Треска, сучки, кора	5,6	11,4	0,8	13,4	31,3
Мазут	5,20	5,20	35,30	0,30	45,90
Брикет торфяной	8,04	26,81	3,00	13,02	50,87
Каменный уголь	9,58	63,56	9,20	65,32	147,66

Из табл. 2 следует, что древесное топливо (в первую очередь пеллеты и брикеты) более преимущественное, с точки зрения сохранения атмосферы от загрязнения, по сравнению с мазутом (тем более с углем), так как имеет практически “нулевой эффект” по выбросам парниковых газов, прежде всего CO_2. Использование древесного топлива в качестве энергоносителя в полной мере соответствует положениям Киотского протокола, касающихся ограничения и сокращения выбросов парниковых газов.

Объем выбросов загрязняющих веществ при сжигании древесного топлива зависит не только от его вида и состава, но и от его влажности и коэффициента полезного действия котла. Таким образом, эффективное использование древесного топлива напрямую зависит от его подготовки с учетом максимального удаления влаги. Данным требованиям в первую очередь отвечают древесное топливо в виде пеллет, брикета и угля.

Древесные гранулы являются энергетически стабильным безотходным и экологическим видом биотоплива. Применение топливных гранул в Европе признано и поддерживается международными экологическими фондами (NEFCO,SIDA и др.), а также общественными организациями. Использование биотоплива возведено в ранг национальных приоритетов. С использованием брикетов и пеллет решаются как глобальные, так и локальные экологические проблемы.

УДК 674.8

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ

П. Р. ПУЦЕНТЕЙЛО, М. Б. СВИНТУХ
«ТЕРНОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Тернополь, Украина

Древесный уголь и брикеты – это источники экологически чистой энергии. В табл. 1 приведена сравнительная характеристика теплотворной способности брикетов с другимивидами топлива.

Табл. 1. Сравнительная характеристика теплотворной способности различных видов топлива

Вид топлива	Теплотворная способность, МДж/кг
дерево (твердая масса, влажная)	10
дерево (твердая масса, сухая)	12
бурый уголь	16
брикеты из древесных отходов	18
черный уголь	20
природный газ	32

При сжигании 1 т древесного брикета выделяется столько же энергии, сколько при сжигании 1,6 т древесины,480 м^3 газа,500 л дизельного топлива или 600 л мазута.

Теплотворная способность древесного брикета сравнима с углем и составляет 4300–4500 ккал/кг. Продукты сгорания каменного угля значительно влияют на загрязнение атмосферы.

Содержание серы в угольном шлаке больше в 30 раз, чем в брикетной золе и в 20 раз больше шлака образуется при сжигании (требующего утилизации). Дизельное топливо и мазут содержат в себе чуть ли не все элементы таблицы Менделеева. При их сжигании выделяется огромное количество вредных веществ, в том числе канцерогенов.

Объем выбросов загрязняющих веществ при сжигании древесного топлива зависит не только от его вида и состава, но и от его влажности и коэффициента полезного действия котла. Таким образом, эффективное использование древесного топлива напрямую зависит от его подготовки с учетом максимального удаления влаги. Данным требованиям в первую очередь отвечают древесное топливо в виде паллет, брикета и угля.

Уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании различных энергоносителей приведены в табл. 2.

УДК 621.9

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИТКА ЧЕРВЯКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОДАТЛИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. В. ЛОБОВА, А. А. ЖОЛОБОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В процессе механической обработки сила резания Р действует на технологическую систему, вызывая упругие деформации и смещения в ее элементах, которые являются причиной погрешности обработки.

Деформации подвергаются: обрабатываемая заготовка, передняя и задняя бабки, суппорт станка, а также режущий инструмент – резец.

Величина отжатий элементов технологической системы зависит от силы резания и жесткости системы.

Под жесткостью понимается отношение действующей силы резания к величине деформации, вызываемой ею

$$j = \frac{P}{\Delta}.$$

Наиболее существенное влияние на точность обработки имеет составляющая сила резания Ру, направленная по нормали к обрабатываемой поверхности. В результате формирования получается деталь с переменным диаметром и погрешностями в ее продольном сечении (рис. 1). При неблагоприятных условиях величина этой погрешности может превысить допуск на размер детали.

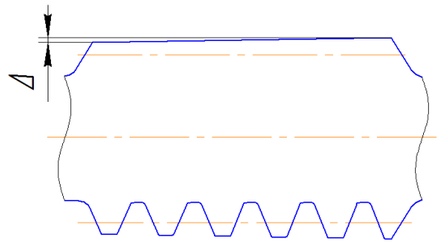


Рис. 1. Погрешность обработки детали

Для оценки погрешности обработки от деформации технологической системы была разработана математическая модель, которая позволила выявить и оценить зависимость деформации заготовки от составляющей силы резания P_y, задней бабки и шпиндельного узла.

Вывод формулы осуществлен на основе правила Верещагина (перемножение эпюр), а заготовка рассмотрена как балка с переменным сечением, шарнирно закрепленная по обоим концам (рис. 2).

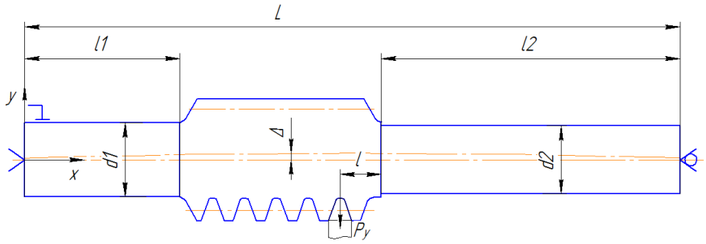


Рис. 2. Расчетная схема процесса

В результате была получена следующая формула для расчета деформации заготовки:

$$\delta(P_y) = \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_1 \cdot L^2} \cdot l_1^3 \cdot (1 + l_2)^2 - \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_0 \cdot L^2} \cdot \cdot \left(2 \cdot L^2 \cdot l^3 - 2 \cdot L^3 \cdot l \cdot l_2 - L^3 \cdot l_2^2 - L^3 \cdot l^2 + 6 \cdot L^2 \cdot l^2 \cdot l_2 + 6 \cdot L^2 \cdot l \cdot l_2^2 + 3 \cdot L^2 \cdot l_2^3 - L \cdot l^4 - 4 \cdot L \cdot l^3 \cdot l_2 - 6 \cdot L \cdot l^2 \cdot l_2^2 - 6 \cdot L \cdot l \cdot \cdot l_2^3 - 3 \cdot L \cdot l_2^4 + l^2 \cdot l_1^3 + l^2 \cdot l_2^3 + 2 \cdot l \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 2 \cdot l \cdot l_2^4 + l_1^3 \cdot l_2^2 + l_2^5\right) + \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_2 \cdot L^2} \cdot l_2^3 \cdot (1 - L + l_2)^2,$$

где E – модуль упругости материала, $E=2 \cdot 10^5$ МПа; I_0, I_1, I_2 – моменты инерции поперечного сечения червяка и цилиндрических ступеней диаметрами d_1 и d_2 соответственно, $м^4$.

Деформация шпиндельного узла $\Delta_ш$, а также деформация задней бабки $\Delta_{зб}$ изменяются в соответствии с изменением силы резания по мере продвижения резца к шпинделю станка. Их величину можно определить исходя из величины действительной жесткости шпиндельного узла $j_ш$ и задней бабки $j_{зб}$ соответственно, а также с учетом расстояния от торца заготовки до рассматриваемой точки.

В результате выполнения работы установлено, что при формировании витков червяка длиной *l* = 139 мм и диаметром *d* = 70 мм при общей длине детали 452 мм и среднем диаметре хвостовиков 50 мм оптимальная деформация оси детали достигает 84,84 мкм (рис. 3).

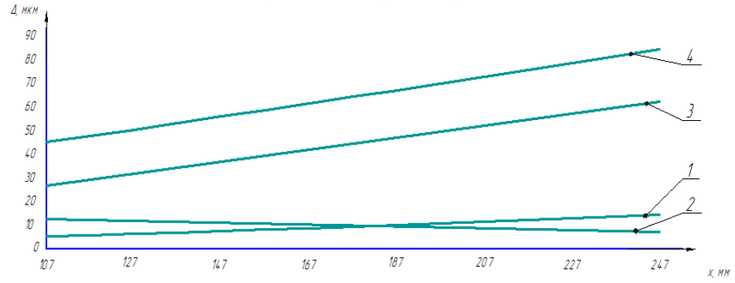


Рис. 3. Графики зависимости упругой деформации от перемещения инструмента на расстояние x: 1 – расчетная деформация заготовки от действия силы P_y; 2 – деформация шпиндельного узла; 3 – деформация задней бабки; 4 – суммарная деформация технологической системы

бюджет, а создает в стране соответствующую социально-экономическую базу.

В Беларуси активно проводится налоговая реформа. Реализация комплекса мероприятий позволила добиться ряда положительных результатов: сокращен до стандартного минимума перечень применяемых основных налогов, сокращена периодичность их уплаты, снижена налоговая нагрузка на прибыль и малый бизнес. Эти преобразования значительно улучшили качественные характеристики налоговой системы. Тем не менее, для ее успешного функционирования все еще требуется решить ряд задач.

Уровень распределения создаваемого ВВП через основные фискальные механизмы (бюджет и Фонд социальной защиты населения) сокращен до параметров развитых стран (40,7 %). Государству это дает возможность финансировать заявленный объем расходов и проводить ответственную социальную политику, а для реального сектора создает условия для нормального ведения бизнеса в сопоставимых условиях с партнерами по локальным и глобальным рынкам. Однако, анализируя доходную часть бюджета, можно выделить ряд проблем, среди которых зависимость от внешних факторов – объемов экспорта и цен на минеральное сырье, объемов ввозных таможенных пошлин, распределяемых между государствами – членами таможенного союза. Другой особенностью налоговой системы является достаточно узкая налоговая база: 40 % доходов консолидированного бюджета формируется лишь 100 предприятиями, а 50 %республиканского обеспечивается 70 организациями. Серьезное влияние на объем поступлений оказывают и применяемые налоговые льготы, их объем составляет около 17 % доходной части бюджета. Мировая практика налогообложения свидетельствует, что льготное налогообложение отдельных видов и сфер деятельности используется во многих странах, однако его применение ограничено требованием нейтральности налоговой системы, утверждающим необходимость минимизации влияния налогов на внутри и межотраслевое распределение ресурсов. В республике назрела необходимость приостановки предоставления новых льгот и расширения различных специальных режимов налогообложения.

Основными направлениями совершенствования налоговой системы на перспективу являются улучшение ее структуры за счет оптимизации составляющих элементов и дальнейшее снижение налоговой нагрузки, снижение ставкиналоганаприбыльвконтекстеповышенияинвестиционнойпривлекательностииувязкессокращение налоговых льгот, а также совершенствования процессов налогового администрирования.

УДК 330.101

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. А. ПЕКЕРТ, В. Т. СОРОКА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Конкурентоспособность национальной экономики рассматривается как способность производить товары и услуги, которые реализуются на международных рынках в сочетании с обеспечением уровня жизни населения равного или более высокого, чем у конкурентов. Одним из факторов повышения конкурентоспособности экономики является совершенствование налоговой системы. Главная задача налоговой системы – формирование эффективного механизма налогового регулирования экономики. Он должен обеспечить не только необходимую централизацию государственных средств, но и управление экономическим ростом, движением инвестиционных потоков в направлении социально-экономических приоритетов, улучшение инвестиционного климата, снижение издержек производства, и за счет этого повышение конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Существенной характеристикой налоговой системы является предусмотренное ею налоговое бремя (уровень налоговой нагрузки). Если средний уровень изъятия налогов в бюджет больше 35–37 % доходов, то это вызывает рост налогового бремени, что ведет к потере интереса предпринимательской деятельности, ухудшению инвестиционного потенциала, нарушению расширенного воспроизводственного цикла и в конечном итоге к спаду производства, сокращению налоговых поступлений в бюджет. О пределах роста налогового бремени свидетельствуют такие явления, как снижение нормы сбережений, рост «теневой» экономики, перелив капитала из производства в торговлю и посредничество, отток капитала заграницу. Следовательно, чем выше уровень налоговых изъятий, тем ниже темпы экономического роста. Однако, для оценки оптимального уровня налоговых изъятий, позволяющего обеспечить необходимые поступления в бюджет, не оказывая при этом сдерживающего влияния на развитие экономики, необходимо учитывать уровень экономического развития государства и масштабы его социальной ориентации. В странах с низкими налогами уровень экономического роста несоизмеримо выше.

Совершенствование налоговой системы, сокращение количества обязательных платежей в бюджет и снижение их ставок снижает уровень налоговой нагрузки. Вводя новые или отменяя прежние налоги и сборы, манипулируя ставками, использую систему льгот, государство не просто формирует

УДК 621.01: 621.9.01

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

В. А. ЛУКАШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Известно, что в процессе обработки деталей резанием образуется теплота в результате:

– внутреннего трения между частицами обрабатываемого материала;

– трения стружки о переднюю поверхность инструмента;

– трения поверхности резания и обработанной поверхности о задние поверхности инструмента;

– отрыва стружки, диспергирования.

При этом часть образовавшейся теплоты (5–60 %)переносится в деталь, в результате чего происходит нагрев ее, а соответственно, и изменение размеров. Естественно, что точность обработки без учета этого явления будет значительно ниже.

Как показали предварительные расчеты, погрешности, вызванные температурными деформациями деталей, могут достигать величин, соизмеримых с допусками на обработку. Так, например, в процессе обработки двух отверстий с расстоянием между осями 170 мм в стальной детали типа плиты при нагреве ее на 15 ^{0}С погрешность межосевого расстояния может достигнуть 0,03 мм.

Принято считать, что в общем балансе погрешностей обработки, погрешность, связанная с температурными деформациями, составляет при использовании лезвийных инструментов 10–40 %.

Наряду с этим следует отметить, что с появлением станков с ЧПУ в технологии обработки как корпусных деталей, так и деталей типа плит, появились специфические особенности, которые дают право полагать, что нельзя не считаться с влиянием температурных деформаций деталей на точность обработки и, в частности, на точность положения отверстий. Эти особенности заключаются в следующем:

– высокая концентрация переходов в пределах одной операции;

– большой удельный вес машинного времени;

– минимальные промежутки времени между переходами;

– наличие переходов (фрезерование, сверление, развертывание, нарезание резьбы), при выполнении которых значительная часть теплоты поступает в деталь.

УДК 621.906.-529

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ РЕЖИМОВ СВЕРЛЕНИЯ

О. А. МЕДВЕДЕВ, В. Ф. ГРИГОРЬЕВ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Определение оптимальных режимов резания материалов необходимо при проектировании высокоэффективных концентрированных операций механической обработки, выполняемых на дорогостоящих станках с ЧПУ, в гибких производственных системах и на автоматических линиях. Традиционные методики расчета режимов сверления, изложенные в учебной и справочной литературе, не обеспечивают определение оптимальных режимов сверления при комплексном учете ограничивающих факторов, что приводит к необходимости последующей трудоемкой корректировки режимов. Для усовершенствования методики расчета режимов сверления необходимо: обоснование выбора объективной функции оптимизации режимов и составление ее математического выражения; разработка математических выражений для наиболее существенных ограничений режимов сверления; разработка процедуры определения оптимальных режимов сверления.

Наиболее комплексным показателем эффективности сверления, зависящим от режимов является себестоимость, пропорциональная штучному времени сверления. В состав штучного времени входят лишь две составляющие, непосредственно зависящие от режимов резания: основное технологическое время и доля времени на смену инструмента в расчете на одну деталь. Анализ нормативов времени на сверление показал, что вторая составляющая пренебрежимо меньше первой, что дает возможность принять в качестве функции оптимизации минутную подачу сверла ($n \cdot s = max$), так как ее максимум достигается практически при тех же значениях входных управляемых параметров режима (частота вращения сверла n и оборотная подача s), что и минимум себестоимости. Теоретически, максимум минутной подачи будет достигнут при бесконечно больших значениях n и s, которые нельзя реализовать ввиду действия ряда технологических ограничений. В ходе исследования математические модели основных ограничений получены на основе дополнений и преобразований известных выражений для скорости резания, осевой силы, крутящего момента при сверлении.

Ограничение по стойкости сверла

$$n \cdot s^{y} \le \frac{1000 \cdot C_V \cdot D^{q} \cdot K_V}{\pi \cdot D \cdot T^{m}}.$$

Ограничение по мощности привода главного движения станка

УДК 338

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА РЫНКЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПВХ ПРОФИЛЯ

Т. Г. НЕЧАЕВА, С. Л. КОМАРОВА, О. В.ЛАЗАРЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время проблема повышения конкурентоспособности занимает центральное место в экономической политике страны, и она касается всех уровней ее иерархии, но особую важность приобретает конкурентоспособность предприятия как основного звена экономики. Методологически неразрывно связанной с решением проблемы повышения конкурентоспособности предприятия является оценка его конкурентоспособности, поскольку только на основе такой оценки могут быть сделаны выводы о степени конкурентоспособности хозяйствующего субъекта.

Мониторинг рынка изделий из ПВХ профиля показал, что конкурентами объекта исследования ЧТУП «Голден гейт» являются десять предприятий (пять предприятий производят стеклопакеты, два специализируются на арках, три предприятия ламинируют профиль); наиболее популярной маркой профиля среди производителей является Brusbox, маркой фурнитуры – Elementis; производят сопутствующие товары к окнам восемь предприятий; по расчетам предоставляют рассрочку от 3 до 6 месяцев шесть субъектов рынка, кредит предоставляют пять организаций; наибольший спектр оказываемых услуг предлагается ЧТПУП «Авансум»; в электронных торгах участвует только две организации.

По результатам бальной оценки конкурентов ЧТУП «Голден гейт» разместилось на пятом месте с суммой баллов 28, первое место – ЧТПУП «Авансум» (47 баллов), последнее десятое – ООО «Гелиопласт» (20 баллов).

На основании мониторинга конкурентов и в соответствии с концепцией развития бизнеса было предложено приобретение нового оборудования, позволяющего расширить спектр предлагаемых услуг с целью наиболее полного удовлетворения спроса населения и завоевания большей доли рынка. В результате оценки выбора способа финансирования вложений в основной капитал, и сравнения затрат в случае приобретения установки для окраски профиля Szilank в кредит и по договору финансового лизинга выявлено, что дисконтированная величина потока платежей в случае лизинга меньше, чем при покупке оборудования за счет банковского кредита.

Оценка конкурентоспособности ЧТУП «Голден гейт» на основе метода многокритериальной оптимизации, позволила сделать вывод об удовлетворительном уровне конкурентоспособности предприятия.

ний и упражнений. Кроме того, при работе над проектами необходимо решать проблемы организационного и психологического плана.

При обучении иностранному языку метод проектов может использоваться в рамках программного материала практически по любой теме.

Основные требования к использованию метода проектов: наличие проблемы, требующей исследовательского поиска для её решения; практическая, теоретическая, познавательная значимость предполагаемых результатов; самостоятельная работа студентов; структурирование содержательной части проекта; использование исследовательских методов: определение проблемы, задач исследования; выдвижение гипотезы их решения, обсуждение методов исследования; оформление конечных результатов; анализ полученных данных, подведение итогов, корректировка, выводы.

Проекты, предназначенные для обучения иностранному языку, обладают как общими для всех проектов чертами, так и отличительными особенностями, среди которых основными являются следующие: использование иностранного языка в ситуациях, максимально приближенных к условиям реального общения; выбор темы, представляющей интерес для студентов и непосредственно связанной с условиями, в которых выполняется проект; подготовка необходимого языкового материала и тренировка его использования; наглядное представление результата.

При оценке проекта необходимо учитывать следующие пункты:

а) качество предоставленного материала;

б) глубина проникновения в проблему;

в) привлечение знаний из других областей;

г) активность каждого участника проекта;

д) характер общения и взаимопомощи в группе;

е) умение аргументировать, делать выводы;

ж) культура речи;

з) использование наглядных средств;

и) оформление результатов проекта;

к) умение отвечать на вопросы оппонентов.

Таким образом, основная идея проектной методики в обучении иностранному языку заключается в том, чтобы перенести акцент с упражнений на активную мыслительную деятельность студентов, требующую владения определенными языковыми средствами. Это один из мощных стимулов мотивации изучения иностранного языка, самый творческий вид деятельности, так как в работе над проектом принимают участие все студенты, независимо от способностей и уровня языковой подготовки.

$$n \cdot s^{y} \le \frac{975 \cdot N \cdot \eta}{C_M \cdot D^{q} \cdot K_p}.$$

Ограничение по предельной силе, привода осевой подачи станка

$$s^{y} \le \frac{P_T}{10 \cdot C_p \cdot D^{q} \cdot K_p}.$$

Ограничение по крутящему моменту, передаваемому хвостовиком сверла с конусом Морзе

$$s^{\left(y_м - y_p\right)} \le \mu \frac{C_p \cdot \left(D_к + d_к\right) \cdot \left(1 - 0{,}04\Delta\alpha\right)}{4\sin \alpha/2 \cdot C_м \cdot D^{\left(q_м - q_p\right)}}.$$

Ограничения по предельным паспортным частотам вращения и подачам шпинделя станка

$$n \ge n_{\min};\ n \le n_{\max}\quad s \ge s_{\min}\quad s \le s_{\max}.$$

В формулах ограничений приняты следующие обозначения: n – частота вращения сверла, мин$^{-1}$; s – оборотная подача, мм/об; C_v и $C_м$ – параметры обрабатываемости; D – диаметр сверла, мм; T – нормативная стойкость сверла, мин; K_v и K_p – поправочные коэффициенты на скорость резания и силовые факторы; $m, y, y_p, y_м, q, q_м, q_p$ – показатели степени; η – кпд привода главного движения станка; μ – коэффициент трения; P_T – сила привода осевой подачи станка, н; $D_к$ – больший диаметр конуса Морзе, м; $d_к$ – меньший диаметр конуса Морзе, м; α – угол конусности хвостовика сверла; $\Delta\alpha \approx 10'$ – погрешность угла конусности хвостовика.

Определение оптимумов n и s на основе предлагаемых моделей функции оптимизации и технологических ограничений можно выполнить наглядно путем построения их графиков. Для упрощения графического определения целесообразно привести эти выражения к линейному виду путем логарифмирования.

Для удобства практического использования предлагаемой методики в табличном редакторе Excel разработана компьютерная программа для совместного решения неравенств ограничений и функции оптимизации для определения оптимальных режимов сверления без трудоемких графических построений. Предлагаемая методика может быть полезна разработчикам техпроцессов механической обработки деталей.

УДК 621.91

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЕРЕДАЧИ ВИНТ-ГАЙКА КАЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

О. М. МИЩИРУК, В. П. ГОРБУНОВ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Металлорежущий станок имеет решающее значение при формировании точности обработки, при этом каждый узел станка в той или иной степени участвует в достижении требуемой точности изделия. Важное значение в повышении производительности и точности обработки станков с ЧПУ имеют приводы подачи.

На точность привода подачи влияют как силовые так и тепловые процессы возникающие в его узлах. Причем до 40–70 % [1] от общей погрешности обработки могут составлять погрешности от тепловых деформаций. Тепловые процессы имеют большой диапазон рассеяния, переменны во времени, носят случайный характер, зависят от многих факторов, не поддаются точному расчету, а так же трудно диагностируются.

Предлагаются методы исследования данных погрешностей путем анализа конструкции привода подачи с моделированием теплового воздействия, возникающего при реальных условиях обработки на его узел (ходовой винт) с последующим прогнозированием его начальной точности.

Нагрев ходовых винтов происходит в результате теплообразования в паре винт–гайка или передачи тепла из сопрягаемых деталей и гидросистемы станка путем теплопроводности и вызывает дополнительное перемещение узлов и деталей (температурное удлинение винта) [2].

Теплообразование в паре винт–гайка является достаточным для нагрева ходового винта прецизионного станка на несколько градусов и, как следствие, нарушения точности обрабатываемого изделия.

Экспериментальное исследование тепловых деформаций или температуры нагрева станка является очень трудоемким. В связи с развитием вычислительной техники широкое применение при описании тепловых процессов, происходящих в станках, получили численные методы. Наибольшее распространение получили метод конечных элементов, метод конечных разностей и метод граничных элементов. В нашем случае используем метод конечных элементов, как наиболее оптимальный способ решения данной задачи.

Моделирование термоупругих процессов, происходящих в винте, включает следующие основные этапы:

– анализ конструкции передачи с указанием параметров гайки, винта и схемы его закрепления;

УДК 811.1

ПРОЕКТНАЯ МЕТОДИКА В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Е. Н. МЕЛЬНИКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Формирование профессиональной компетенции специалиста немыслимо без использования современных технологий обучения. Успех обучения зависит от методики работы преподавателя, от его умения применять инновационные технологии в контексте решения конкретных образовательных задач. В обучении иностранному языку такими инновационными технологиями являются развивающее обучение, проектная методика, проблемное обучение, уровневая дифференциация, тестовая система, погружение в иноязычную культуру, обучение в сотрудничестве и др.

В настоящее время особое внимание уделяется коммуникативной компетенции как одной из основных целей обучения иностранному языку. Чтобы сформировать у студентов коммуникативную компетенцию вне языкового окружения, недостаточно использовать на занятии условно-коммуникативные или коммуникативные упражнения. Важно предоставить им возможность решать проблемы, рассуждать над возможными путями решения этих проблем с тем, чтобы студенты обращали внимание на содержание своего высказывания, чтобы в центре внимания была мысль, а язык выступал как средство формирования и формулирования этих мыслей.

Для достижения данной цели используется метод проектов, который определяется как способ достижения дидактической цели через детальную разработку проблемы, которая должна завершиться практическим результатом. Чтобы решить проблему, студенты должны не только знать иностранный язык, но и владеть определенными интеллектуальными, творческими, коммуникативными умениями. Проектная деятельность способствует формированию у студентов культуры общения, умения кратко и доступно формулировать мысли, терпимо относится к мнению партнёров по общению, развивает умение добывать информацию из разных источников, обрабатывать её с помощью современных компьютерных технологий, создаёт языковую среду, способствующую возникновению естественной потребности в общении на иностранном языке. Метод проектов позволяет органично интегрировать знания студентов из разных областей вокруг решения одной проблемы, дает возможность применить полученные знания на практике.

Применение проектной методики требует высокой квалификации преподавателя, поскольку для каждого проекта необходимо тщательно отобрать необходимый языковой материал и разработать эффективную систему зада-

– в условиях Республики Беларусь отсутствуют следующие условия для создания электроэнергетического рынка:

– избыточные генерирующие мощности;

– рыночное ценообразование тарифов на электроэнергию;

– предприятия электроэнергетической отрасли являются полностью государственной собственностью.

Отсутствие избыточных генерирующих мощностей и монополия государства на генерацию (12 станций, которые включат в РУП «Белгенерация» производят 95 % всей электроэнергии) приведет к отсутствию реальной конкуренции на оптовом рынке. При условии допущения на рынок поставщиков из ЕЭП (Россия, Казахстан) РУП «Белгенерация» окажется неконкурентоспособной в связи с более высокими тарифами, которые существуют и сейчас. Все это приведет к негативным последствиям.

Указанные факторы должны быть устранены на предварительном этапе подготовки к реструктуризации электроэнергетической отрасли, на что потребуется достаточно длительное время, хотя концепция предусматривает проведение первых двух этапов в 2014–2015 гг. Необходима разработка законодательной базы, увеличение генерирующих мощностей, изменение тарифной политики, введение частного капитала в генерацию (приватизация РУП-облэнерго) или создания дополнительных мощностей за счет частных инвесторов и создание конкурентной среды.

Выбор модели формирования конкурентного рынка электроэнергии в Республике Беларусь должен быть обусловлен следующими условиями:

– прибыль энергокомпаний должна обеспечивать достаточный уровень воспроизводства электроэнергетического бизнеса с учетом обеспечения модернизации основных фондов энергосистемы и сохранения ее надежности;

– энергокомпании должны стать привлекательными для инвесторов (в том числе и частных);

– уровень тарифов на электроэнергию в условиях конкурентного ценообразования должны способствовать развитию производственной сферы экономики и обеспечивать социальную стабильность.

– выявление основных источников тепловыделения, их вида и месторасположения; условий теплообмена между деталями передачи, а также деталей с окружающей средой и других факторов;

– расчет мощности источников, величины и направления тепловых потоков, коэффициентов конвективного теплообмена с окружающей средой;

– моделируется тепловая модель базовой детали станка – винта – с оговоренными и обоснованными допущениями на основе математической модели, записанной в виде граничных условий, отражающих связи детали с точки зрения их теплового обмена;

– определяется изменяющееся во времени тепловое поле винта – тепловая задача;

– на основе теплового поля определяются деформации винта для любого момента времени – решается термоупругая задача.

В качестве граничных условий приложены тепловые поля, определенные при термическом анализе, а также схема закрепления винта в опоре. Для получения деформаций в разных временных интервалах последовательно изменяется тепловое поле, принимаемое из термического анализа. Термоупругий расчет реализован для ходового винта многоцелевого станка с ЧПУ модели МС 12–250 как статический, но, производя его для ряда граничных условий, можно получить зависимость деформаций винта от времени. Смещение винта определяется при максимальном значении скорости подачи, которое составило 1150 мм/мин.

Выводы.

1. Создана термоупругая модель ходового винта.

2. Определены изменяющиеся во времени тепловые деформации.

3. Максимальное линейное смещение винта при тепловых деформациях составило Δy=19,8 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : справочник-учебник в 3 т. / А. С. Пронников [и др.]; под общ. ред. А. С. Пронникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана : Машиностроение, 1994. – Т. 1. Проектирование станков. – 444 с.

2. **Соколов, Ю. Н**. Термические расчеты в станкостроении / Ю. Н. Соколов. – М. : Машиностроение, 1968. – 77 с.

УДК 621.01

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ГЕРОТОРНЫХ ПАР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИМ DURA MAX ФИРМЫ CARL ZEISS

В. М. ПАШКЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Героторныегидрообъемныемашинывнастоящеевремянаходятширокоепр именениевмашиностроении. Одной из областей их применения для колесных транспортных средств являются насосы-дозаторы сервосистемы гидрообъемного рулевого управления. Актуальной производственной задачей является контроль геометрических размеров деталей героторных пар – венца и звезды (рис.1), который реализован нами на оборудовании фирмы Carl Zeiss (промышленная координатно-измерительная машина Dura Max 5/5/5 CNC).

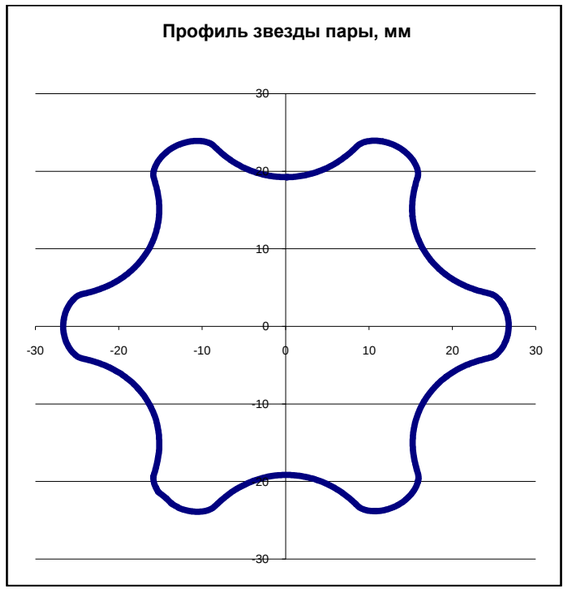


Рис. 1. Профиль звезды героторной пары

Геометрический контроль профилей деталей героторных гидромашин связан с оценкой отклонений измеренного профиля от теоретического (геометрической модели) и при использовании координатного метода должен включать ряд процедур, выполняемых на этапе предварительной обработки результатов измерений.

Вследствие сложности профиля звезды героторной пары его измерение предусматривает процедуру свободного перемещения по ее поверхности

УДК 65.014.133

ПРОБЛЕМЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В РАМКАХ ПРИНЯТОЙ КОНЦЕПЦИИ

А. В. КОЛЕСНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

14 февраля на коллегии Министерства энергетики Республики Беларусь Министр энергетики Республики Беларусь озвучил базовые принципы концепции Закона «Об электроэнергетике», предусматривающей реструктуризацию отрасли, которые заключаются в следующем:

– разделение видов деятельности по производству, передаче и распределению электроэнергии на конкурентные и монопольные и выделить в рамках существующей структуры генерирующие мощности (создание РУП «Белгенерация»), передающую и сбытовую компании, энергонадзор (при этом взаимоотношения по приобретению тепловой энергии не изменятся);

– ликвидация перекрестного субсидирования;

– создание оптового рынка электроэнергии.

Надо отметить, что исходя из озвученного в концепции не предусмотрены реальные экономические механизмы реструктуризации отрасли. Это обусловлено следующими факторами:

– разделение видов деятельности и формирование новой монопольной структуры по генерации (РУП «Белгенерация») в указанном варианте не приведет к снижению тарифов. Во-первых, накладные расходы не изменятся, а просто перераспределятся с РУП-облэнерго в пользу РУП «Белгенерация»; во-вторых, при появлении дополнительных посредников (оптовых и розничных) в поступлении энергии от производителя к потребителю повлечет увеличение в тарифе налогов, дополнительных затрат на управленческую деятельность; в-третьих, отсутствие в области изменения взаимоотношений по поставкам тепловой энергии обязательно приведет к ценовым перекосам, т. к. производство тепловой энергии является для предприятий электроэнергетики убыточным и покрывается за счет прибыли от реализации электроэнергии, учитывая теплофикационный цикл работы ТЭЦ;

– ликвидация перекрестного субсидирования сама по себе не предполагает снижение тарифов, а просто увеличивает тариф для населения и юридических лиц, пользующихся льготами, и снижает тариф для промышленного сектора. Это, конечно, приведет к улучшению показателей промышленных предприятий, но может вызвать социальную нестабильность;

Республика Беларусь является транзитным элементом в торговле между ЕС и РФ. Самые короткие дороги, соединяющие страны Западной Европы, Скандинавии и Балтии со странами СНГ, а также Южную и Центральную Европу с северо-западными регионами России, проходят через территории Республики Беларусь. Экспорт услуг грузового автомобильного транспорта в течение 15 лет с 1999 г. вырос в 11 раз, рост составлял почти 18 % в год.

Распределение автоперевозчиков на рынке международных перевозок российских грузов внешней торговли выглядит следующим образом: на долю Беларуси приходится 15 % российских грузов, Финляндии – 8 % (в основном лес), Украины – 7 %, Польши – 7 %, Литвы – 6 %, Латвии – 4 %, Германии – 0,2 %, Италии – 0,03 % [1].

В 2013 г. общий объем международных грузов, перевезенных автотранспортом, составил 212,8 млн т (на 23,2 % выше, чем в 2012 г.), из них белорусские перевозчики перевезли 181,33 млн т (рост к 2013 г. на 14,2 %). Экспорт транспортных услуг прямо зависит от товарооборота России и ЕС, а экспорт автотранспортных и железнодорожных грузоперевозок от импорта России из ЕС (российский экспорт в ЕС идет в основном по трубам). Более точно с каждого миллиарда стоимости российского импорта из ЕС белорусские грузоперевозчики получают примерно 7,163 млн долл.

В Беларуси наблюдается дефицит как универсальных, так и специализированных складских комплексов. Поэтому при реализации программы развития логистической системы собственник транспортно-логистические центры (ТЛЦ) может строить стандартные универсальные ТЛЦ без сотрудничества с логоператорами и клиентами. Результатом может быть следующее: из-за несоответствия потребностей логоператоров и клиентов у собственника ТЛЦ некоторое время могут простаивать складские мощности, или на арендованных площадях у логоператоров может возникнуть необходимость ждать, искать и привлекать клиентов, которым подходили бы существующие характеристики ТЛЦ; несмотря на неполное соответствие потребностям логоператоров и клиентов, построенные ТЛЦ будут пользоваться спросом, так как транспортные издержки сетей, проходящих из ЕС в Таможенный союз через Беларусь, будут меньше издержек альтернативных сетей, что позволит работать даже с некоторыми временными техническими и организационными неудобствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Всемирного банка № 55015-BY. Обзор транспортного сектора Республики Беларусь. 14 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://www-wds.worldbank.org. – Дата доступа: 22.02.2014.

круглого щупа, при этом расстояние в полярных координатах между отсчетами неравномерное. Кроме того, число отсчетов, представляющих измеренный профиль, может быть различным для разных серий измерений. В этой связи отсутствует возможность непосредственного «наложения» измеренного профиля на теоретический.

Установлено, что для получения оценки сглаженного разностного профиля (рис. 2) необходимо выполнить следующие процедуры математической обработки:

– прореживание/учащение массива измерительных данных до стандартного объема отсчетов теоретического профиля (2520 точек);

– преобразование профилей из декартовых в полярные координаты;

– преобразование массива данных с переменным шагом отсчетов по полярному углу к массиву данных с постоянным шагом (реализуется на основе процедуры линейной или квадратической интерполяции);

– центрирование массивов данных для устранения ошибок преобразования;

– наложение теоретического и измеренного профилей и построение разностного профиля детали;

– сглаживание разностного профиля для подавления шумов измерений, а также дополнительных помех, возникающих при приведенных выше преобразованиях (реализуется на основе процедуры скользящего усреднения с шириной окна в 50 отсчетов).

Рис. 2. Разностный профиль звезды

Приводится описание алгоритмов математической обработки результатов измерений.

УДК [621.833: 005.591.6]-027.45

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

А. С. РОМАНЮК, В. Ф. ГРИГОРЬЕВ, О. А. МЕДВЕДЕВ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Повышение конкурентоспособности продукции машиностроения стимулирует поиск и внедрение экономичных и производительных методов обработки, поскольку основной задачей производства является изготовление качественных изделий с наименьшей трудоёмкостью и себестоимостью.

Существенную долю в трудоёмкости изготовления машин составляет трудоёмкость изготовления зубчатых колёс. Распространенным методом отделочной обработки эвольвентных поверхностей зубьев является зубошлифование. Обычно шлифованию подвергаются зубья ответственных цементированных и закаленных колес. Однако данный метод обработки является трудоёмким и дорогостоящим способом обеспечения шероховатости и других показателей качества поверхности, определяющих её ресурс.

Для повышения долговечности пар трения обычно стараются уменьшить их приработку в процессе эксплуатации, добиваясь финишной обработкой близкой к оптимальной равновесной шероховатости. Заслуживает внимания и более экономичный подход, связанный с переносом финишных операций на этап приработки деталей [1].

Такой подход позволяет в обоснованных случаях исключить из технологического процесса дорогостоящие отделочные операции, повысить производительность и снизить затраты на изготовление машин. Так, одним из вариантов совершенствования технологии изготовления эвольвентных зубчатых колёс может быть замена отделочной операции зубошлифования последующей приработкой в процессе эксплуатации для достижения требуемой шероховатости. Целью исследования было установление возможности замены зубошлифования приработкой при изготовлении синхронизирующих зубчатых колёс роторных насосов серий НМ, НР, В3-ОР2-А-2 для снижения трудоёмкости.

В процессе поиска мер по совершенствованию технологии были наработаны следующие технические мероприятия: зубошлифование исключается из техпроцесса, зубонарезание производится более точными червячными фрезами, предшествующая абразивной обработке закалка ТВЧ заменяется улучшением.

По исходному рабочему чертежу точность колёс по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев соответствовала 7-й степени точности, шероховатость эвольвентных поверхностей зубьев

УДК 338

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. С. КЛИМОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Как показывает мировой опыт, важнейшим фактором экономического роста является формирование логистической системы, охватывающей различные сферы деятельности в стране. В индустриально развитых странах логистика давно поставлена на службу повышения эффективности управления движением материальных потоков. Возникает необходимость регулирования всей системы движения товаров, при этом эффективность цепи поставок определяется уровнем организационного оформления хозяйственных связей всех участников товародвижения.

Логистическая система Республики Беларусь включает совокупность логистических центров. В зависимости от отраслевой направленности будут формироваться транспортно-логистические и оптово-логистические (торговые) и многофункциональные логистические центры.

Транспортно-логистические центры (ТЛЦ) предназначаются для оптимизации внутренних и внешних материальных потоков, а также сопутствующих им информационных, финансовых и сервисных потоков с целью минимизации общих логистических затрат. Одной из важнейших задач транспортно-логистических центров является обработка транзитного грузопотока. Кроме того, транспортно-логистические центры будут осуществлять разработку, организацию и реализацию рациональных схем товародвижения на территории республики и других государств на основе организации единого технологического и информационного процесса, объединяющего деятельность поставщиков и потребителей материальной продукции, различных видов транспорта, банков, страховых организаций, подразделений таможни, органов импортно-экспортного контроля, организаций оптовой и розничной торговли и т. д. Конечной целью деятельности транспортно-логистических центров является оказание полного цикла транспортно-логистических услуг промышленным и торговым организациям по рационализации перевозочного процесса и гарантированной доставке грузов в оптимальные сроки, маршруты, виды транспорта и груза. Транспортно-логистические центры могут быть территориальными и региональными, общего назначения и ведомственными, а также специализированными по отдельным видам грузов и условиям их хранения. Они предназначаются для обслуживания перевозок, обработки грузов по месту нахождения клиента и обеспечения транспортно-экспедиционных и логистических услуг.

По оценкам специалистов транзитный потенциал пяти стран ЕврАЗЭС оценивается в 220 млн т., а к 2020 г. он увеличится в 2 раза. К этому периоду объем транзитных перевозок в странах ЕЭС увеличится до 316 млн т., т. е. в 8 раз. Следовательно нашей республике нужно и дальше развивать транспортно-логистическую сеть, т.к. потенциальный объем рынка складских услуг оценивается на уровне 300–400 млн долл. в год.

Следует обратить внимание и на развитие международных автомобильных грузовых перевозок. Они сегодня формируют положительное сальдо баланса услуг республики. Так, в 2013 г. поступления по экспорту услуг грузового автотранспорта составили 1103,4 млн долл. США, а в целом экспортировано транспортных услуг в 2,3 раза больше, чем импортировано (3,8 млрд долл. США и 1,4 млрд долл. США соответственно).

В целом решение рассматриваемой проблемы видится в развитии транспортно-логистической инфраструктуры, гармонизации национального законодательства в области налоговой системы и допуска перевозчиков на рынок услуг, анализа действующих внутренних потребностей клиентов в логистических услугах и разработке для них рыночных тарифов и определения себестоимости логистических операций внутри самих логистических услуг. Важнейшей составляющей в этой области является разработка и развитие имеющихся стандартов в области логистической деятельности. Имеющиеся два стандарта не отвечают современным требованиям развития логистики в республике.

В связи с созданием Таможенного Союза необходимо Единое транспортное пространство с устранением имеющихся сегодня барьеров и квот в области транспортной политики, требуется использовать нормы и принципы международной торговли, принятые ВТО. Для Беларуси, России и Казахстана – должны быть единые правила конкуренции при осуществлении транспортно-логистической деятельности. Так как эти страны расположены между двумя мировыми центрами торговли, т. е. странами ЕС с совокупным ВВП, оцениваемым в 17 трлн долл. США и странами Юго-Восточной Азии с 13 трлн долл. США, то это диктует необходимость развивать и трансграничное транспортное сотрудничество с оценкой логистического потенциала стран – соседей. И, наконец, решение всех проблем развития логистической системы невозможно без наличия высококвалифицированных специалистов в области логистики. Назрела необходимость приведения в соответствие квалификации готовящихся кадров для транспортно-логистической деятельности нашего транзитного государства («логист», «логистик»).

Вышеизложенные проблемы можно решать оперативно и с большей эффективностью, в рамках созданной Ассоциации участников логистической деятельности в которую вошли НАН Беларуси, БНТУ, Белорусско-Российский университет, БелГУТ, БрГТУ, ПГУ, ГрГУ им. Я. Купалы, а также ОАО «Амкодор», ОАО «Гомсельмаш», ООО «БИТ-ЮНИОН» и другие организации, если бы был создан государственный регулирующий орган при Совете Министров Республики Беларусь по логистической деятельности.

Ra=1,6 мкм, твёрдость зубьев HRC 43…48. Снижение твёрдости до HB 269…302 (HRC 28…33) позволило заменить операцию шлифования фрезерованием с использованием более точной фрезы класса АА–2510-4014АА Р18 ГОСТ 9324-80, обеспечивающей седьмую степень точности по трем нормам. При этом отделка для достижения эксплуатационной шероховатости переносилась на этап приработки.

В результате корректировки технологического процесса штучно-калькуляционное время изготовления колёс уменьшилось на 31 %.

Для оценки влияния предложенных изменений технологии на ресурс зубчатых колёс, был выполнен расчёт на прочность и долговечность активных поверхностей зубьев до и после изменения техпроцесса. Рассчитывались контактные напряжения на активных поверхностях зубьев и сравнивались с допустимыми значениями, при которых будет обеспечен требуемый уровень прочности и долговечности колёс. Были получены следующие значения напряжений: для шлифованного колеса σ_H=397,9 МПа < [σ_H]=1586,3 МПа, для фрезерованного – σ_H=397,8 МПа < [σ_H]=704,4 МПа. Таким образом, даже при меньшей твёрдости и большей исходной шероховатости эвольвентных поверхностей зубчатых колёс прогнозируется заданный срок службы.

Кроме того, был произведён расчёт себестоимости изготовления колёс по отношению к их сроку службы, изготовленных по базовому и внедрённому техпроцессам. Было установлено, что себестоимость одного часа срока службы фрезерованных колес (5,1 р./ч.) ниже, чем шлифованных (6,9 р./ч.). Данные расчётов показывают, что стоимость часа работы колеса, изготовленного по внедрённому техпроцессу меньше на 26 % по сравнению с базовым техпроцессом.

С целью повышения производительности и уменьшения трудоёмкости прогнозных вычислений, была разработана программа автоматизированного расчёта долговечности и экономически приемлемого срока службы колеса.

Предложенные трудосберегающие изменения технологического процесса изготовления синхронизирующих зубчатых колес роторных насосов и программа расчётов долговечности и экономически приемлемого срока службы внедрены на Брестском машиностроительном заводе ОАО «Брестмаш».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Суслов, А. Г**. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2002. – 684 с.

УДК 674.055

СИСТЕМА ЭФФЕКТИВНОГО УЛАВЛИВАНИЯ СТРУЖКИ И ПЫЛИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

П. В. РУДАК, Д. В. КУИС, О. Г. РУДАК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

С целью повышения эффективности аспирации разработана хвостовая фреза для обработки древесных материалов, содержащая режущие элементы, расположенные на корпусе фрезы под углом к оси ее вращения группами с частичным перекрытием друг друга режущими элементами соседних групп, и отличающаяся тем, что на одной образующей корпуса фрезы располагают пару режущих элементов, а на диаметрально противоположной стороне корпуса располагают отдельный режущий элемент, так, чтобы углы наклона режущих элементов к оси фрезы были 25°, при этом верхний режущий элемент пары наклоняют вниз, а нижний режущий элемент пары и режущий элемент, расположенный отдельно – вверх.

На рис. 1 представлена схема обработки древесного материала хвостовой фрезой в процессе работы пары режущих элементов (а) и отдельного режущего элемента (б).

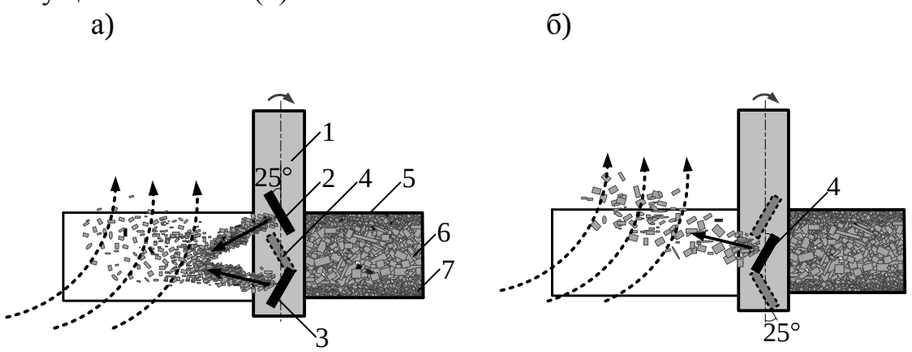


Рис. 1. Схема обработки древесного материала хвостовой фрезой в процессе работы пары (а) и отдельного (б) режущих элементов

Хвостовая фреза 1, содержащая пару режущих элементов 2 и 3 на одной образующей корпуса фрезы, и отдельный режущий элемент 4 на диаметрально противоположной стороне корпуса обрабатывает боковую поверхность древесного материала 5. Древесный материал неоднороден по толщине и характеризуется меньшей плотностью в средней части 6 и более высокой плотностью в областях 7, прилегающих к пластям.

Стружка, срезаемая верхним и нижним режущими элементами покидает фрезу сориентированной соответственно в нижнем и верхнем направлениях.

УДК 338

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Р. Б. ИВУТЬ
«АССОЦИАЦИЯ УЧАСТНИКОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»
Минск, Беларусь

В настоящее время мощный потенциал транспортной системы, в том числе и возможности международных перевозок по территории республики, используются пока недостаточно эффективно. Наиболее сложной проблемой является дальнейшее развитие логистической системы страны.

Для оценки развития логистической системы различных стран и их сравнение, специалистами Всемирного банка разработан индекс эффективности LPI (Logistics Performance Index), который определяется с 2007 г., по шкале от 1 (минимум) до 5 (максимум) баллов. В 2012 г. оценка осуществлялась для 155 стран почти 1000 экспертами из 8 иностранных государств, поддерживающих торговые отношения с Беларусью.

По итогам 2012 г. Беларусь занимала 91 позицию, набрав 2,61 баллов, в то время как в 2007 г. находилась на 74 месте. Как показывают вышеприведенные данные, в первом сегменте, рейтинг республики составил 2,24 и 119 место из 155 стран. В 2007–2010 г.г. этот показатель был равен 2,67, что позволяло Беларуси занимать 50-ю позицию. Этот показатель является самым худшим не только среди стран и СНГ, но и в мире (худшая динамика только в отдельных странах Африки (Ливия, Эритрея) и Азии.

В целом по индексу эффективности LPI Беларусь находится ниже Казахстана (86 место), Украины (66 место), Литвы (58 место) и Польши (30 место).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наряду с расширением объема и сферы логистических услуг в республике необходимо комплексное решение проблемы с целью снижения их издержек и повышению рентабельности. В ВВП доля логистических издержек превышает 20 %, в то время как в Японии, Германии, Италии и США она не превышает 9 %, при среднемировом значении примерно в 11 %. Следует отметить и тот факт, что в структуре логистического аутсорсинга преобладают услуги 2PL провайдеров, т. е. экспедирование, транспортировка и аренда складских помещений, в то время как мировой рынок этих услуг ориентирован на провайдеров 3PL (около 20 %) и 4 PL. Данное положение влияет на объем оказываемых транспортно-экспедиционных и логистических услуг, который в 2013 г. составил 1,9 млрд долл. США, в т. ч. по договорам с нерезидентами республики – 1,2 млрд долл. США. Данные услуги оказывали 644 транспортно-экспедиционные и логистические предприятия. Конечно, данный показатель не соответствует логистическому потенциалу Беларуси. Следует учитывать и тот факт, что объем мирового рынка транспортно-логистических услуг оценивался в 2012 г. в 4 трлн долл. США, а транспортная составляющая в торговле Юго-Восточной Азии и Европы – 70 млрд долл. США.

знаки и знаки обслуживания). МСФО 38 допускает в качестве возможных нематериальных активов затраты на рекламу, обучение персонала, первоначальные расходы. Нематериальными так же могут быть активы, полученные по договору финансовой аренды (лизинга), если условия их предоставления в момент заключения договора были более выгодными по отношению к принятым в текущий период времени. Указанные объекты не предусматриваются в качестве возможных в Инструкции № 25. Такое ограничение круга активов, которые могут считаться нематериальными, может привести к занижению оценочной стоимости активов белорусского предприятия в случае их продажи внешним инвесторам.

Наблюдаются некоторые различия белорусского законодательства с МСФО 38 и в определении учётной стоимости НМА. Согласно данному стандарту после первоначального признания в дальнейшем нематериальный актив подлежит учету одним из следующих методов: по первоначальной стоимости за вычетом накопленной амортизации и накопленных убытков от обесценения; по переоцененной стоимости за вычетом накопленной амортизации и накопленных убытков от обесценения. Инструкция № 25 допускает учёт данных активов только по первоначальной или переоценённой стоимости (без вычета сумм амортизации и обесценения).

МСФО 38 требует, чтобы все затраты на НМА после его приобретения или создания признавались в качестве расходов, кроме случаев, когда есть уверенность в том, что эти затраты позволят нематериальному активу принести будущие экономические выгоды сверх первоначально определенных и эти затраты могут быть оценены и отнесены на этот актив. Если эти условия выполняются, то последующие затраты должны включаться в балансовую стоимость актива. Данное право белорусским организациям Инструкцией № 25 не предоставляется – активы должны учитываться только по первоначальной (переоценённой) стоимости.

Описанные особенности национальных нормативно-правовых актов в области учёта нематериальных активов не позволяют, по нашему мнению, учесть все возможные объекты данных активов. Отсутствует так же возможность капитализировать затраты, позволяющие увеличить поступление экономических выгод от нематериального актива. Решение данных проблем в ходе очередных шагов по совершенствованию методологии бухгалтерского учёта позволит осуществить дальнейшие шаги в ходе сближения национальных стандартов учёта с международными.

Углы наклона режущих элементов 25° к оси фрезы, обеспечивают сход стружки с нижнего режущего элемента с несколько большей скоростью, чем с верхнего, что установлено в результате исследований авторов.

В результате пересечения потоков стружки, покинувших фрезу с нижнего и верхнего режущих элементов, потоки стружки рассеиваются, кинетические энергии древесных частиц уменьшаются, и древесные частицы более эффективно захватываются аспирирующими воздушными потоками, направления которых вверх на рисунках показаны стрелками.

Отдельный режущий элемент 4 имеет угол наклона 25° вверх к оси инструмента и обрабатывает среднюю, более рыхлую часть древесного материала, обеспечивая выход стружки с фрезы менее плотным потоком частиц вверх, в сторону воздухозаборника.

Разработанная методика энергосберегающего эффективного улавливания стружки и пыли предполагает совместное использование хвостовой фрезы описанной конструкции и вытяжного устройства с благоприятной с точки зрения аспирации организацией воздушных потоков (рис. 2).

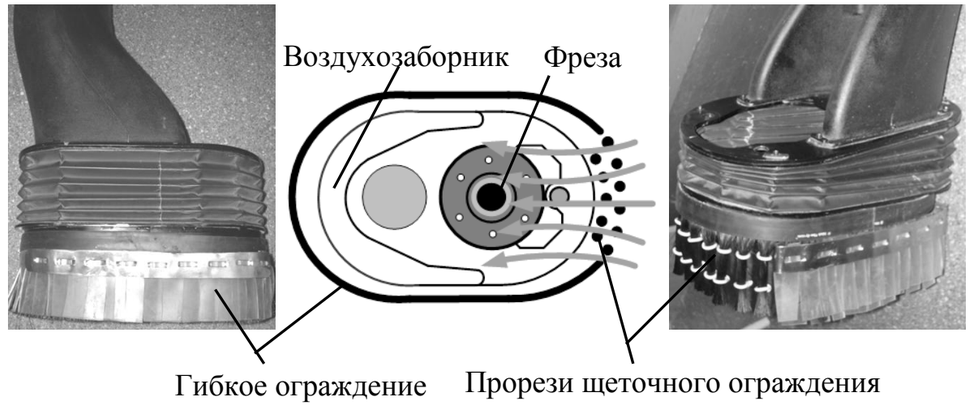


Рис. 2. Вытяжное устройство с организованным движением воздушных потоков

За счет создания вдоль щеточного периметра дополнительного гибкого ограждения, а также создания прорезей в щеточном ограждении со стороны, противоположной воздухозаборнику, в стружкоприемнике организованы аспирирующие воздушные потоки через зону резания.

Система эффективного улавливания стружки и пыли при фрезеровании древесных материалов позволяет сократить энергетические затраты на аспирацию за счет эффективного использования собственной кинетической энергии потоков улавливаемых частиц при рациональной организации в стружкоприемнике воздушных потоков.

Исследование выполнялось при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (Т12М-098).

УДК 621.992

ОПТИМИЗАЦИЯ НАРЕЗАНИЯ ВИТКОВ ЧЕРВЯКОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

А. Н. РЯЗАНЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время витки червяков с модулем 3–6 мм нарезаются преимущественно вихревым способом. Вихревой способ нарезания витков червяков обеспечивает более высокую производительность по сравнению с многопроходным нарезанием червяков на универсальных токарно-винторезных станках. Это, в основном, обусловлено тем, что при нарезании червяков на универсальных токарно-винторезных станках значительная доля затрат времени приходиться на вспомогательное время связанное с холостыми ходами инструмента и изменением его положения на каждом рабочем ходе. Кроме того, вынужденно снижается скорость резания, чтобы обеспечить скорость перемещения инструмента достаточную для ручного управления процессом нарезания витков червяка исполнителем работы.

Недостатком процесса вихревого способа нарезания является образование огранки на боковых поверхностях витка червяка. Кроме того, формирования профиля витка червяка обеспечивается несколькими резцами, установленными в резцовой головке. Способы крепления резцов и регулировки их положения в резцовой головке не обеспечивают достижения высокой точности профиля витка червяка. Эти обстоятельства вынуждают использовать дополнительную отделочную низкопроизводительную операцию – шлифование витков червяка на резьбошлифовальных станках.

Нарезание витков червяков на токарных станках с ЧПУ обеспечивает значительное снижение доли вспомогательного времени и достаточно высокую точность профиля витка червяка. При нарезании червяка на токарных станках с ЧПУ возможно снижение виброустойчивости процесса резания, которое связано с довольно большой суммарной длиной активной части режущих кромок резца (25–50 мм для модулей 3–6).

На рис. 1 приведены основные способы разделения общего припуска при многопроходном нарезании червяков на токарно-винторезных станках.

Способы разделения общего припуска, приведенные на рис. 1, б и 1, в, обеспечивают уменьшение суммарной длины активной части режущих кромок почти в два раза. Но их реализация на универсальных токарно-винторезных станках затруднена сложностью и большими затратами времени на изменение положения режущей кромки на каждом рабочем ходе инструмента. Использование токарных станков с ЧПУ устраняет эту проблему, но требует разработки специального программного обеспечения для расчета

УДК 338.24:004.41/42

СОСТАВ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ПО НАЦИОНАЛЬНЫМ И МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ УЧЁТА

А. С. ЗУБКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

В целях создания максимальной привлекательности для иностранных инвесторов возникает необходимость в объективной оценке всех активов отечественных предприятий. Это является сложной задачей особенно в отношении такого специфичного вида активов, как нематериальные (НМА).

В настоящее время наблюдается ряд существенных различий в критериях и составе данных активов по белорусскому законодательству в сравнении с международными стандартами учёта и отчётности (МСФО).

Порядок учета НМА изложен в «Инструкции по бухгалтерскому учету нематериальных активов», утверждённой Постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 30.04.2012 № 25 (Инструкция № 25), а по международным стандартам – в МСФО 38 «Нематериальные активы». Согласно МСФО 38 нематериальный актив признается, когда он отвечает критериям идентифицируемости, контроля над ресурсом и наличия будущих экономических выгод при возможности надежно измерить его себестоимость. Основное различие определений нематериального актива белорусского законодательства с МСФО 38 состоит в том, что оно требует наличия документально оформленного исключительного права на объект, а МСФО – его подконтрольности организации.

Согласно Инструкции № 25 одним из условий признания НМА является наличие документов, подтверждающих имущественные права на него. На практике надлежаще оформленные правоустанавливающие документы становятся главным препятствием достоверного учета данных активов. Проблемы возникают вследствие того, что указанная Инструкция не уточняет, о каких конкретно документах идет речь. Для правильной квалификации данных документов необходимо обладать достаточными юридическими знаниями в области авторского и патентного права. Недостаток данных знаний у бухгалтеров вызывает затруднения при решении вопросов об отражении в учёте затрат по приобретению актива, не имеющего материально-вещественной формы.

Перечень объектов, которые могут составлять НМА организации в соответствии с белорусским законодательством, отличается от такового по МСФО. В Инструкции 25 из состава возможных объектов НМА прямо исключён такой объект, как «гудвилл», а так же некоторые объекты промышленной собственности (торговые марки, фирменные наименования, товарные

– маркетинговые исследования рынка кредитных ресурсов, имеющих место в структуре капитала любого предприятия: причем, привлечение кредитных ресурсов целесообразно, только если рентабельность производства выше банковского процента, поскольку расширение производства в связи с привлечением заемного капитала увеличит массу прибыли и наоборот.

Таким образом, на первый план при формировании системы финансового менеджмента выходит вопрос технологии постановки управления внутри предприятия и оно обязательно должно включать следующие мероприятия:

– перестройка механизма управления всем предприятием с учетом принципа финансовой прозрачности, что позволяет производить учет достоверной финансовой информации в режиме реального времени;

– достижение совмещения управленческого и бухгалтерского учета, так как основным источником финансовой информации является бухгалтерия;

– разработка организационной структуры управления с делением производства на бизнес-единицы, повышающей эффективность системы финансового менеджмента.

Одним из наиболее важных аспектов финансового менеджмента является управление финансовыми рисками, сопровождающими предприятие при ведении хозяйственной и финансовой деятельности. Причем, участие финансового менеджмента является обязательным на каждой стадии воспроизводственного процесса.

В целом, при формировании системы финансового менеджмента необходимо учитывать ряд условий, а именно: особенности производственной деятельности предприятия, определение характера и масштабов деятельности предприятия, придерживание действующих нормативно-правовых актов по организации службы финансового менеджмента.

Учет всех перечисленных выше факторов позволит повысить эффективность управления предприятием.

С помощью систем поддержки принятия решений (СППР) внедрения финансового менеджмента на предприятии может быть осуществлено с меньшими затратами. СППР помогают аналитически обосновывать варианты решений, которые не структурированы, носят ситуационный характер и их нельзя предусмотреть заранее. Такие системы должны быть готовы реагировать на меняющиеся условия окружающей среды. Хотя в них используется информация из офисных, профессиональных и транзакционных систем, они получают информацию и из внешних источников.

координат положения инструмента на каждом рабочем ходе.

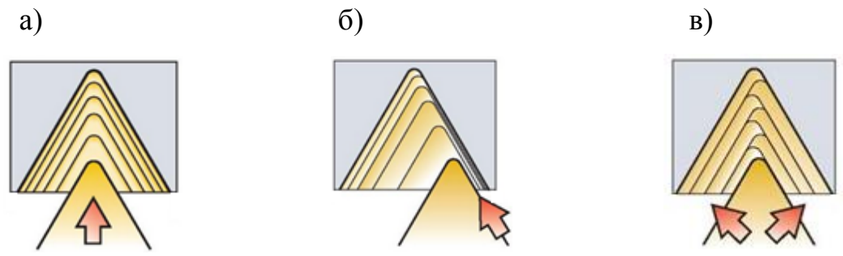


Рис. 1. Основные схемы разделения припуска при нарезании витков червяков: а – профильная; б – касательная; в – комбинированная

Для решения задачи выбора оптимального способа нарезания червяков на станках с ЧПУ и разделения припуска между отдельными рабочими ходами инструмента разработано специальное программное обеспечение. Разработанная программа позволяет путем компьютерного моделирования выбрать оптимальный способ нарезания витков червяков с заданными геометрическими параметрами.

При решении задачи выбора оптимального способа нарезания витков червяка решается задача минимизации основного времени. Оптимальное количество рабочих ходов инструмента определяется по двум критериям – постоянная сила резания или постоянная площадь сечения среза за один рабочий ход инструмента. Результаты вычислительных экспериментов для выбора оптимального способа нарезания червяка приведены на рис. 2.

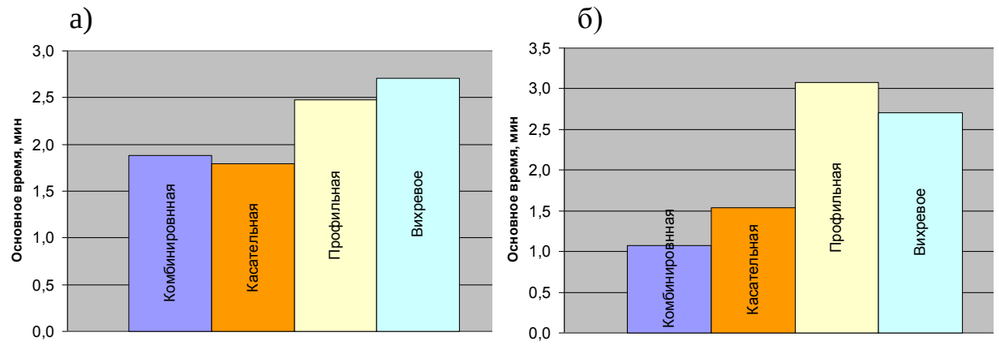


Рис. 2. Гистограммы производительности нарезания червяка: а – по критерию постоянства сечения среза; б – по критерию постоянства силы резания

В результате выполненных вычислительных экспериментов установлено, что использование станков с ЧПУ в сочетании с оптимизацией процесса нарезания червяков позволяет повысить производительность технологических операций в 1,5–2 раза. При этом обеспечивается реализация современной концепции в области построения технологических процессов механообработки – изготовления детали на одном станке («Don ein One»).

УДК 621.787

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Д. М. СВИРЕПА, С. А. СУХОЦКИЙ, А. С. СЕМЕНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Стабильность получения высоких качественных характеристик упрочнения модифицированного поверхностного слоя детали при магнитно-динамическом раскатывании, наряду с постоянными технологическими режимами упрочняющей обработки, обеспечивает высокая долговечность применяемого инструмента.

Проведенные экспериментальные исследования операции упрочнения поверхности отверстия втулок показали, что долговечность магнитно-динамического раскатника определяется, в первую очередь, стойкостью деформирующих шаров, и, в меньшей мере, стойкостью торцовой поверхности дисков, образующих кольцевую камеру.

В процессе упрочняющей обработки деформирующие шары, вследствие периодического воздействия на них вращаемым магнитным полем, осуществляют вращение вокруг собственных осей, окружное вращение и радиальные колебания в плоскости кольцевой камеры, образованной торцовыми поверхностями дисков. Периодическое воздействие на деформирующие шары магнитным полем инструмента обеспечивает их вращение вокруг собственных осей и равномерный износ сферической рабочей поверхности. При этом деформирующие шары периодически контактируют с торцовыми поверхностями шайб и одновременно осуществляют ударное воздействие на упрочняемую поверхность детали.

Износ поверхности деформирующих шаров обуславливает увеличение ее шероховатости и рост погрешности отклонения от сферической формы. Вызванное износом увеличение шероховатости деформирующих шаров соответственно приводит к увеличению шероховатости поверхности обрабатываемой детали.

В связи с этим, при эксплуатации магнитно-динамического раскатника важно иметь сведения о стойкости деформирующих шаров. Это позволит обеспечить их своевременную замену и получить требуемую шероховатость упрочненной поверхности.

Анализ результатов исследований показывает, что стойкость деформирующих шаров зависит от твердости упрочняемой детали. Так при обработке стали 45 ГОСТ 1050-88 (180…200 HB) период стойкости деформирующих шаров составил 8,1 ч, в то время как при обработке термоупрочненной стали 45 ГОСТ 1050-88 (42…45 HRC) составил 5,2 ч.

УДК 338

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РОЛЬ ФИНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Л. А. ГОРОХОВСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

До недавнего времени информация, как таковая, не считалась важным активом предприятий и фирм. Управление рассматривалось как индивидуальное искусство межличностного общения, а не как глобальный механизм координации деятельности участников экономических процессов.

Профессиональные и офисные системы обработки информации обслуживают информационные потребности специалистов в различных областях знаний и потребности обслуживающего персонала, который производит обработку данных.

Актуальной проблемой отечественного производственного сектора экономики в настоящее время является отсутствие в структуре управления предприятием персонала, отвечающего за управление финансами, и теории оптимизации финансовых потоков. Этим демонстрируется объективная необходимость формирования системы финансового менеджмента.

Организация эффективного финансового менеджмента требует коренной перестройки механизма управления, что связано с перемещением акцентов с производственного управления на финансовое управление предприятием. Сегодня, процесс управления предприятием, как правило, характеризуется признаками системной дезорганизации:

– излишек несущественной и устаревшей информации;

– нехватка необходимой и оперативной управленческой информации;

– прерывистый контроль во всех направлениях деятельности предприятия.

Создание системы финансового менеджмента диктует необходимость во введение должности финансового директора, как лица, определяющем основные направления данной системы и внедряющем их. В функции финансового директора целесообразно включить:

– контроль расчетов с дебиторами: своевременность оплаты произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг, что оказывает влияние на финансовое состояние предприятия в соответствии с действующим законодательством;

– рациональное распределение средств, которые поступают от реализации продукции;

– осуществление налогового планирования;

От этого недостатка избавлен автоматизированный вариант учета (автоматизированная форма ведения бухгалтерского учета), при котором технологическая последовательность обработки информации сводится к двум этапам: обработка первичных документов, автоматическая разноска сумм по счетам бухгалтерского учета и получение отчетности, необходимой для внешних и внутренних пользователей. При этом существует возможность оперативного получения информации о денежных потоках в денежной оценке в любой момент времени на основании данных, отраженных на счетах бухгалтерского учета.

Анализ полученных данных может дать ответ на вопрос: сбалансировано ли поступление и расходование денежных средств организации на текущий момент. Для ответа на данный вопрос существует общая система показателей оценки денежного потока организации. Проведение сравнительного анализа фактических значений этих показателей невозможно без применения автоматизированных систем обработки информации. Необходимо создание программного средства, задачей которого является обработка информации о денежных потоках организации. Эту задачу можно решить с помощью широко используемой в практике электронной таблицы Excel, как одного из приложений Windows.

Рациональным же является не применение внешнего программного продукта, куда будут вноситься исходные данные со счетов бухгалтерского учета (что потребует определенных временных затрат) и получение фактических значений анализируемых показателей, а разработка программного продукта (в виде программного модуля) к программе, применяемой для ведения автоматизированного бухгалтерского учета.

В настоящее время для автоматизации бухгалтерского учета в малых и средних организациях Республики Беларусь наибольшим спросом пользуется программа «1С: Предприятие». Она чрезвычайно удобна и проста в применении. На рынке программных продуктов существует также программное средство «1С: Финансовое планирование», с помощью которого можно осуществлять финансовый анализ организации, в том числе и денежных потоков. Но данный анализ может осуществляться только после внесения исходной информации со счетов бухгалтерского учета. Приобретение данного продукта потребует также и финансовых затрат на его приобретение и внедрение.

На наш взгляд, если организация уже использует «1С: Предприятие», то наиболее рациональным будет разработка дополнительной подпрограммы в ней (в меню «Отчеты») с целью получения фактических значений показателей для оценки денежного потока организации. При этом не будет необходимости дополнительно вносить исходные данные, т. к. они автоматически будут использоваться со счетов бухгалтерского учета. А т. к. ведение бухгалтерского учета непрерывно, то и данные для проведения анализа показателей можно получить на любую дату.

УДК 621.9.07

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА В УСЛОВИЯХ МНОГОЦЕЛЕВОЙ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

А. М. ФЕДОРЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одной из главных задач стоящими перед современными металлообрабатывающими предприятиями является снижение себестоимости выпускаемой продукции. Снижение затрат на производство позволит увеличить прибыль предприятия, повысит конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Можно выделить два основных пути снижения стоимости продукции: внедрение новых технологий, материалов и конструкций и оптимизация действующих технологий и производств.

Первый путь обеспечивает наибольший экономический эффект однако требует значительных затрат на стадии внедрения связанных с покупкой нового оборудования, обучения персонала, адаптации действующего производства. Второй путь обеспечивает незначительное повышение эффективности действующего производства, однако внедрение мероприятий по оптимизации, как правило, не требует значительных затрат.

Оптимизация режимов резания предлагается различными исследователями и в основном направлена на повышение производительности обработки при соблюдении заданных точностных параметров обработки и «экономически выгодного» периода стойкости инструмента. При этом стойкость инструмента рассматривается как постоянная величина и не подвергается коррекции в процессе оптимизации.

Целесообразность необходимости изменения периода стойкости инструмента в процессе оптимизации режимов резания вызвана наличием следующих предпосылок.

1. Ожидаемая стойкость режущего инструмента оказывает значительное влияние на выбор и назначение режимов резания, и как следствие на длительность обработки заготовок, и в конечном счете, на производительность обработки.

2. В различных источниках рекомендуется принимать «экономически выгодные» значения периода стойкости режущего инструмента, при этом приводятся различные значения стойкости для равных условий, а в ряде случаев приведены диапазоны значений. Данный факт затрудняет выбор оптимального периода стойкости инструмента.

3. Возможно возникновение ситуации, когда к моменту окончания обработки последней заготовки в партии, последний режущий инструмент ока-

зывается изношен не полностью. Наличие не полностью изношенного инструмента в условиях массового и крупносерийного производства не оказывает существенного влияния на себестоимость выпускаемой продукции так как он может быть использовании при обработке следующей партии заготовок. В условиях же мелкосерийного и единичного производств ситуация резко меняется. Используемый режущий инструмент зачастую пригоден для обработки только конкретной заготовки и частично изношенный инструмент в лучшем случае вынужден находиться значительный период времени на инструментальном складе ожидая обработки, а в худшем – «экономится» рабочими с последующим присвоением.

4. При расчетах себестоимости продукции в стоимость закладывается и в том числе недоизношенный инструмент.

Критерием оптимальности периода стойкости в настоящих исследованиях было предложено обеспечение полного износа режущего инструмента к моменту окончания обработки последней заготовки в партии изделий.

В результате оптимизации периода стойкости инструмента необходимое количество инструмента для полной обработки партии деталей останется неизменным, но за счет имеющегося запаса стойкости будут интенсифицированы режимы резания, что приведет к сокращению основного времени обработки.

Экономический эффект от мероприятий по оптимизации периода стойкости будет связан с сокращением затрат времени на обработку партии деталей, что позволит снизить затраты входящие в себестоимость изделия за счет: сокращения амортизационных отчислений; сокращения капитальных вложений в здания и сооружения; сокращения затрат на освещение, отопление и вентиляцию.

На основании предложенного алгоритма была разработана программа для ПЭВМ в среде Excel с использованием VBA. Программа предназначена для расчета режимов резания и оптимизации периода стойкости инструмента для переходов фрезерной, сверлильной обработки, а так же растачивания отверстий. Программа позволяет также определить суммарный эффект в целом по операции.

Был произведен анализ эффективности мер по оптимизации периода стойкости инструмента в виде сокращения основного времени обработки в процентном выражении для многоцелевой операции при различных производственных условиях.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: наиболее эффективны предлагаемые решения в условиях мелкосерийного производства (программа выпуска менее 200 шт. – обеспечивается сокращение основного времени порядка 20 %); наибольший эффект достигается при оптимизации фрезерных переходов; эффективность мер растет с увеличением количества режущих кромок СМП.

УДК 338

УПРАВЛЕНИЕ ДЕНЕЖНЫМИ ПОТОКАМИ ОРГАНИЗАЦИИ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И. А. ВЕРЕМЕЕВА, О. В. БАЛЬЧЕВСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Денежный поток организации представляет собой совокупность распределенных во времени поступлений и выплат денежных средств, генерируемых его хозяйственной деятельностью. Денежные средства являются самым ликвидным и мобильным активом предприятия. От того, насколько сбалансировано поступление, и расходование денежных средств, зависит платежеспособность организации.

Управление субъектом хозяйствования предполагает изучение движения финансовых потоков, возникающих в процессе осуществления деятельности организации, а так же взаимоотношений с другими субъектами рынка с целью обеспечения кругооборота его средств. Управление денежными потоками позволяет вовремя выполнять обязательства перед бюджетом, банками, партнерами, т.е. способствует устойчивой платежеспособности, финансовой безопасности и деловой активности.

Процесс управления денежными потоками организации должен быть направлен не только на поддержание необходимого остатка денежных средств, но и на обеспечение наиболее эффективного использования временно высвободившихся денежных средств.

Для успешной финансово-хозяйственной деятельности субъекта хозяйствования необходимо обеспечение его руководителя информацией о наличии остатка денежных средств у организации в реальном режиме времени, а также в прогнозируемом периоде с учетом производимых изменений. Получение данной информации возможно лишь в условиях автоматизированной обработки информации, позволяющей в любой момент получить интересующую информацию.

При ручном варианте учета информация (мемориально-ордерной и журнально-ордерной форме ведения бухгалтерского учета), содержащаяся в первичных документах, первоначально накапливается в регистрах бухгалтерского учета, затем, после сверки встречных итогов, переносится в главную книгу, которая служит основанием для составления оборотной ведомости, баланса и других форм финансовой отчетности. Данному варианту присущ длительный период получения информации, который проходит от момента заполнения первичных документов до момента формирования отчетности.

Высокий уровень унификации и преемственности конструктивных решений, классификация и группирование изделий по однородным конструктивно-технологическим признакам создают благоприятные условия для разработки технологических процессов изготовления однородных групп деталей и сборочных единиц, позволяет, в конечном счёте, производить большинство изделий по типовой технологии.

Применение методов стандартизации позволяет пересмотреть структуру традиционного цикла подготовки производства и представить его в виде задач, решаемых во взаимосвязи, практически параллельно, максимально используя все ценное, что накоплено в конструкции машин, технологии их изготовления и средствах производства.

Снижение общей материалоемкости машины возможно посредством: использования рациональных сортаментов и марок материалов, способов получения заготовок, методов и режимов упрочнения деталей; разработки и использования прогрессивных технических решений, позволяющих повысить ресурс изделия, а также использовать малоотходные и безотходные технологии; разработки рациональной компоновки машины, что обеспечивает сокращение расхода материалов при необходимости монтажа её элементов вне завода-изготовителя, внедрение научно обоснованных запасов прочности деталей, типовых методов расчётов и испытаний изделий.

Очевидно, что уровень технологичности конструкций изделий машиностроения определяет их свойства как в процессе производства (уровень затрат на производство, прогрессивность применяемых материалов и технологических процессов), так и в процессе эксплуатации (требуемая точность изготовления деталей и сборочных единиц, взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц и агрегатов, надёжность, соответствие эксплуатационных показателей значениям, предусмотренными в стандартах и технических условиях).

Одним из способов повышения функциональных показателей корнеуборочных машин является минимизация пути неактивного транспортирования корнеплодов. При этом степень агрессивного воздействия очистительных рабочих органов на ворох корнеплодов необходимо уменьшать по мере удаления корнеплодов от зоны расположения выкапывающих рабочих органов, поскольку по мере очистки корнеплодов увеличивается вероятность непосредственного взаимодействия рабочих органов с телом корнеплодов.

На стадию эксплуатации машин целесообразно ввести в их конструкцию максимально возможные регулировки расположения рабочих органов, изменения кинематических параметров и др.

УДК 621.9

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА

Д. Г. ШАТУРОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Процесс изнашивания задней поверхности лезвийного инструмента характеризуется двумя рабочими периодами: периодом приработки со средней скоростью изнашивания V_1и периодом установившегося износа со средней скоростью изнашивания V_2, ($V_2<V_1$). Тогда средняя арифметическая скорость изнашивания равна

$$V_{из}^{ср} = \frac{1}{2}(V_1 + V_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_0}{T_0}\left(\frac{1}{n_0} + n_0^{0,6}\right); \quad (1)$$

где

$$n_0^{0,6} = \frac{T_0 \cdot V \cdot u_0}{1000 \cdot \delta_0 \cdot k_P}, \quad (2)$$

T_0 – период стойкости резца, мин; V–скорость резания, м/мин; u_0–относительный размерный износ, мкм/км; δ_0 – величина оптимального износа, мкм; k_P – коэффициент перевода линейного износа задней поверхности резца в размерный износ.

Кривая средней скорости изнашивания $V_{из}^{ср}$ от показателя степенин$_0$имеет экстремум при $n_0=1,376$, где имеет место минимальная скорость изнашивания и максимальная стойкость инструмента.

Очевидно, что при $n_0=1,0$ имеем равенство скоростей изнашивания за период приработки и установившегося износа, т. е. $V_1=V_2=V_П$. С учетом (2) находим:

$$T_П = \frac{1000 \cdot \delta_0 \cdot k_P}{V_П \cdot u_0}; \quad (3)$$

$$V_П = C^{1,25}\left(\frac{u_0}{1000 \cdot \delta_0 \cdot k_P}\right)^{0,25}, \quad (4)$$

где

$$C = \frac{C_V \cdot k_V}{S^y \cdot t^x}, \quad (5)$$

$T_П$, $V_П$ – период стойкости резца и величина скорости резания при $n_0=1,0$.

При условии $n_0^{опт} = 1,376$ из зависимостей (2) и (3) имеем:

$$V_{ОМ} \cdot T_0^{\max} = T_П \cdot V_П \cdot \left(n_0^{опт}\right)^{0,6} = 1,211 \cdot T_П \cdot V_П; \quad (6)$$

$$V_{ОМ} = \frac{C^{1,25}}{\left(1,211 \cdot T_П \cdot V_П\right)^{0,25}}; \quad (7)$$

$$T_0^{\max} = \left(\frac{C}{V_{0M}}\right)^5, \quad (8)$$

где $V_{ОМ}, T_0^{\max}$ – величина скорости резания, м/мин и период стойкости резца, мин, при которых показатель степени $n_0=1,376$.

Таким образом, определение $T_0^{\max}$ производится согласно алгоритму.

$$C\ (5) \rightarrow V_П\ (4) \rightarrow T_П\ (3) \rightarrow V_{ОМ}\ (7) \rightarrow T_0^{\max}$$

Пример. Производится получистовая обработка вала длиной $l=1000$ мм, диаметром $d=100$ мм призматическим резцом $\varphi=45^0$, $\varphi_1=10^0$, $\alpha_з=10^0$ на режимах: подача $S=0,5$ мм/об, глубина резания $t=1,0$ мм. Принятые условия: $\delta_0=500$ мкм, $u_0=5$ мкм/км; $k_P=0,176$; $C_V=350$; $x=0,15$; $y=0,35$; $k_V=1,0$. В результате расчета получим: $C=446$; $V_П=178$ м/мин; $T_П=99$ мин; $V_{ОМ}=173$ м/мин; $T_0^{\max}=114$ мкм. Разработанная методика позволяет рассчитать режимы обработки, обеспечивающие максимальную стойкость инструмента.

УДК 621.914.2:669

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА И ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

В. М. ШЕМЕНКОВ, О. В. ОБИДИНА, М. А. БЕЛАЯ, *А. Л. ШЕМЕНКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «КРАСНЫЙ МЕТАЛЛИСТ»
Могилев, Беларусь

Упрочнение рабочих поверхностей инструментальной оснастки тлеющим разрядом является эффективным, но не достаточно производительным методом. Известным фактом является то, что эффективность обработки зависит от интенсивности диффузионных процессов. Повышение температуры плазмы тлеющего разряда в прикатодной области до величины, равной 0,2–0,3 от температуры плавления обрабатываемого материала приводит к ускорению диффузионных процессов и модификации материала на большую глубину.

При классической обработке изделий тлеющим разрядом указанная температура достигается в среднем за 15–20 минут в зависимости от габаритных и массовых параметров обрабатываемого изделия. Применение магнитного поля с магнитной индукцией 0,2–0,3 Тл позволяет увеличить температуру и скорость нагрева обрабатываемых поверхностей, что объясняется более высокой плотностью ионного тока вследствие увеличения генерации заряженных частиц. Данный факт приводит к увеличению интенсивности ионной бомбардировки изделия и значительному росту скорости упрочнения, тем самым сокращая время обработки.

Из анализа полученных экспериментальных данных при различных видах обработки партии образцов, изготовленных из твердых сплавов ВК8, Т5К10 и ТН-20, были получены следующие результаты.

Классическая обработка тлеющим разрядом приводит к повышению микротвердости сплава ВК8 в среднем на 8–12 %, сплава Т5К10 на 10–12 %, а сплава ТН-20 на 10–15 %.

При комплексном воздействии высоковольтного тлеющего разряда и постоянного магнитного поля повышение микротвердости образцов составило 10–15 % для сплавов ВК8 и Т5К10, и на 15–20% для сплава ТН-20. Причем, если время обработки по первому способу составило около 30 минут, то по второму – 22 минуты.

Таким образом, применение магнитного поля позволило сократить время обработки в среднем на 35 %, что указывает на большую эффективность предлагаемого метода.

УДК 631.356.2

ИЗЫСКАНИЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

В. Я. БРЫЧ, И. Г. ТКАЧЕНКО, Б. Р. ГЕВКО
«ТЕРНОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
«ТЕРНОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. Пулюя»
Тернополь, Украина

В отрасли сельскохозяйственного машиностроения актуальными остаются вопросы проектирования, изготовления и эксплуатации корнеуборочных машин, которые при высоких требованиях к надёжности и качественным показателям работы отличались бы минимальными материалоёмкостью и удельными энергетическими затратами на выполнение технологического процесса, высокой производительностью, а также надлежащими свойствами адаптации к определённым почвенно-климатическим условиям.

Одним из первых и наиболее важных этапов проектирования корнеуборочной техники есть создание рациональной компоновочной схемы, которая должна учитывать технологические параметры машины, необходимую стабильность её движения во время выполнения технологического процесса с учётом микро- и макрорельефа почвы, оптимальное соотношение габаритных размеров, возможность быстрой смены рабочих органов, адаптированных к конкретным условиям эксплуатации и др.

На следующем этапе проектирования необходимо выбрать оптимальный тип рабочих органов исходя из следующих критериев: необходимое качество извлечения корнеплодов, адаптация к изменчивым почвенно-климатическим условиям, выбор эффективной транспортно-сепарирующей системы. При этом необходимо предусмотреть возможность регулирования технологических и кинематических параметров рабочих органов и систем в необходимых пределах с целью обеспечения приемлемого баланса между качественными показателями выполнения технологического процесса и минимально возможными удельными энергетическими затратами.

Не менее важным этапом в общем комплексе решения поставленных задач есть изготовление машин с использованием методов, обеспечивающих высокую мобильность и гибкость производства, быструю его переналадку на выпуск новых изделий при минимальных затратах труда, материалов, средств, времени. В качестве таких методов используются: всесторонняя унификация и стандартизация элементов техники и технологии при максимальной преемственности наиболее совершенных конструкторских и технологических разработок.

Чтобы приблизиться в этом направлении к развитым странам, необходимо более эффективно использовать внешние факторы социально-экономического развития: углубление интеграционных процессов на восточном направлении и дальнейшее развитие научно-технических и торгово-экономических связей с экономически развитыми странами Евросоюза.

Модернизацию экономики следует рассматривать не в качестве цели развития, а как средство, способствующее повышению конкурентоспособности, созданию условий для обеспечения высокого уровня производительности труда. Без роста производительности труда Беларусь не сможет достичь высокого уровня производства добавленной стоимости, при которой она способна конкурировать с развитыми странами, а тем более модернизировать свое производство.

Для решения этих глобальных задач республика должна опираться на использование конкурентных преимуществ:

– выгодное экономико-географическое положение;

– значительные земельные, водные, лесные ресурсы, ряд важных полезных ископаемых (калийные и каменные соли, сырье для производства строительных материалов и др.);

– достаточно мощный производственный, научно-исследовательский, научно-технический потенциал и проектно-конструкторская база;

– система подготовки кадров всех уровней, определяющих развитие научно-технического прогресса;

– развитая инфраструктура, в частности, высокий уровень транспортной освоенности территории в сочетании с выходом на западноевропейские и восточные транспортные коммуникации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная экономика Беларуси : учебник / В. Н. Шимов [и др.]; под ред. д-ра экон. наук, проф. В. Н. Шимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : БГЭУ, 2006. – 751 с.

2. Природа склада не терпит пустоты / Экономическая газета. – 2014 г.– № 9.

3. Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития / Экономический бюллетень. – 2014. – № 1. – С. 4–53.

УДК 621.89

ИЗНОС ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАР ТРЕНИЯ ТИПА “ВАЛ-ВТУЛКА” В ПРОЦЕССЕ ПРИРАБОТКИ

А. П. АКУЛИЧ, Я. А. АКУЛИЧ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Приработка взаимодействующих поверхностей пар трения, свойственная начальному периоду эксплуатации, во многом определяет дальнейшую безотказную работу узла трения в целом. Интенсивность изнашивания в процессе приработки будет зависеть от обеспечения оптимальных параметров качества взаимодействующих поверхностей пар трения на стадии их изготовления.

Исследования проводились на образцах типа “вал-втулка” рабочие поверхности которых получены разными методами механической обработки: точением (параметр шероховатости R_a= 1,25) и шлифованием (R_a = 0,16). Радиус рабочей поверхности образцов $R_{раб.}$=17,5 мм. Образцы “вала” изготовлены из стали 40Х, материал втулок – бронза БрОЦС 5-5-5.

Трибологические испытания проводились на машине трения 2070 СМТ-1, снабжённой камерой для испытаний в жидкой среде. В качестве среды использовано масло И-40А, ГОСТ 20799-88. Испытания проводились при нагрузке P = 1000 Н, скорости скольжения V=1,0 м/с.

Контроль температуры среды осуществлялся с помощью погружной термопары “хромель-алюмель”.

Во время испытания определялся весовой износ образцов на основе данных измерения массы до и после каждого этапа испытания. Был определен путь трения и линейная интенсивность изнашивания по изменению массы Δm изношенного слоя.

Диаграммы, показывающие изменения интенсивности изнашивания пары трения от пути трения (рис. 1) свидетельствуют о том, что интенсивность изнашивания пары трения в первые минуты приработки (путь трения от 0 до 0,9 км) во много раз превышает последующее изнашивание. Вместе с тем, при значении пути трения L = 10,8 км наблюдается стабилизация величины интенсивности изнашивания как для поверхностей, полученных точением так и шлифованием. Интенсивность изнашивания пар трения в процессе приработки имеет значительно более высокие показатели, чем в процессе их стабильной работы. При этом, на данных диаграммах видно, что интенсивность изнашивания пары трения, поверхности которой получены шлифованием (R_a = 0,65) имеет несколько меньший показатель в процессе приработки. Вместе с тем, по достижении оптимальной шероховатости поверхности,

показатели интенсивности изнашивания поверхностей, полученных разными способами обработки менее отличны друг от друга.

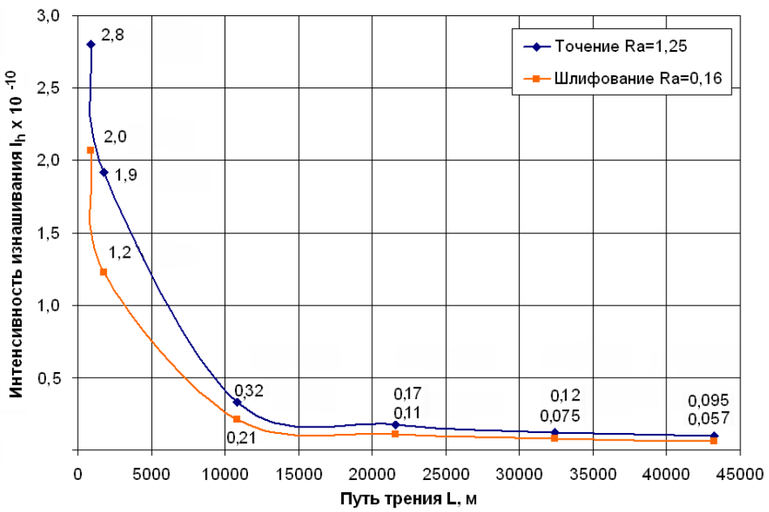


Рис. 1. Зависимость интенсивности износа от пути трения исследуемых пар трения в процессе приработки (нагрузка P=1000 Н, скорости скольжения V = 1,0 м/с)

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы:

– сформировавшееся в результате приработки оптимальная шероховатость, как и другие параметры поверхностного слоя контактирующих деталей, будет зависеть от метода механической обработки поверхности;

– долговечность эксплуатации деталей пары трения во многом будет зависеть от интенсивности изнашивания в процессе приработки и тем самым от времени самой приработки. Таким образом, целесообразно уже на стадии изготовления предусматривать такие операции финишной обработки, которые минимизируют износ и длительность стадии приработки;

– длительность процесса приработки поверхностей пары трения будет зависеть от того, насколько исходная шероховатость и другие параметры качества поверхности будут близки к эксплуатационным параметрам, сложившимся после завершения приработки поверхностей.

УДК 338

СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г. Н. БЛАЖЕВИЧ, Н. С. ЖЕЛТОК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Промышленному комплексу страны принадлежит ведущая роль в развитии национальной экономики. Он непрерывно воспроизводит средства производства как для себя, так и для других отраслей экономики, обладает более высокими конкурентными преимуществами, является ведущим в объеме экспорта страны, сумме валютных поступлений, а также в формировании бюджета и внебюджетных фондов. Включает более 100 отраслей и в структурном отношении представляет сложную систему, которой присущи основные тенденции мирового хозяйства [1, с.179].

Вместе с тем в последние годы наметилась тенденция снижения среднегодового темпа роста промышленного производства, заложенного в программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. Так, в 2013 г. объем промышленного производства сократился на 4,8 %. Растут объемы складских запасов. За прошлый год они увеличились с 2293,4 млрд р. на 5,9 % [2, с.1].

Невыполнение прогнозных параметров обусловлено тем, что прежние факторы промышленного роста (преимущественного экстенсивного типа) во многом себя исчерпали. Новые факторы, связанные с инновационным типом промышленного роста, в настоящее время формируются, поэтому не являются достаточно стабильными и, следовательно, ненадежны [3, с.24].

В условиях технологической отсталости массовое внедрение инноваций невозможно, для инновационного развития требуется сначала пройти этапы модернизации. При этом следует отметить, что происходящая трансформация глобальной экономики дает Республике Беларусь возможность совершить модернизационный прорыв. Для этого уже сформирован ряд базовых условий, а главное, имеется внутренний спрос и готовность к модернизационным преобразованиям. Требуется лишь корректировка государственной политики в сторону дальнейшего снижения административных и бюрократических барьеров.

В основу стратегии модернизации производства необходимо положить стратегию инновационно-технологического прорыва. Опыт таких стран как Япония, Южная Корея и Китай показал, что идя по пути инновационно-технологического прорыва им в первые 10–15 лет удалось добиться успеха в реализации стратегии модернизации и присоединиться к числу развитых стран.

Показатели конкурентоспособности предприятия можно свести в группы, приведенные в табл. 3. В ней также показаны основные соответствующие оценочные индексы и коэффициенты.

Табл. 3. Показатели конкурентоспособности предприятия

Конкурентоспособность продукции	Эффективность производства	Рыночный успех	Инвестиционная привлекательность
технический уровень продукции, потребительская ценность изделий, запас конкурентоспособности, цена	рентабельность, производительность, коэффициент оборачиваемости, фондоотдача	доля рынка, темпы роста продаж	кредитоспособность, капитализация, коэффициент опережения роста продаж, отношение рентабельности предприятия к среднеотраслевому уровню

Представляется целесообразным сформировать систему мониторинга конкурентоспособности предприятия. На рис. 1 показаны составляющие конкурентоспособности и рекомендуемые методы соответствующего мониторинга.

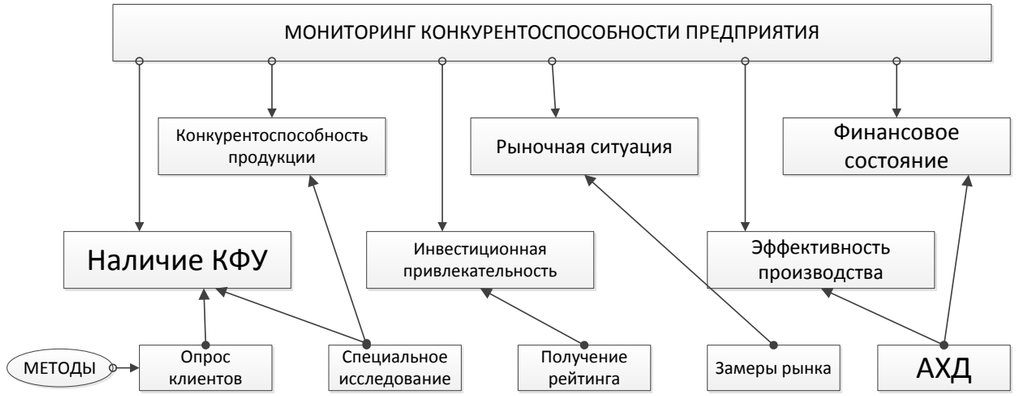


Рис. 1. Мониторинг конкурентоспособности продукции

Выводы.

1. Современный подход предполагает формирование системы показателей, позволяющих объективно судить о состоянии оцениваемого экономического объекта и уровне его основных функций.

2. Рекомендуется наладить систему мониторинга конкурентоспособности предприятия. Информация, полученная в процессе мониторинга, должна интерпретироваться на всех уровнях управления предприятием: стратегическом, тактическом и оперативном.

УДК 621.8.004.94

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТОЙ ПАРЫ ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Г. Л. АНИПЕНКО, М. Г. ШАМБАЛОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Неравномерность вращения выходного вала оценивается кинематической погрешностью передачи. Это интегральный показатель, включающий влияние как единичных или локальных дефектов зубьев, так и погрешности изготовления и сборки передачи [1]. Если выделить из кинематической погрешности эти составляющие, ее можно использовать как информативный диагностический параметр для оценки технического состояния зубчатых передач.

Для определения неравномерности вращения выходного вала производят контроль относительных угловых перемещений ведущего и ведомого валов импульсным способом с помощью компьютерных средств. Для этого с ведущим зубчатым колесом связывают датчик углового перемещения, имеющий большое количество меток (опорный сигнал), а с ведомым, в зависимости от задач диагностирования, либо датчик зубцовой частоты ведомого колеса – для оценки наличия и величины единичного дефекта, либо аналогичный датчик углового положения ведомого вала – для оценки кинематической погрешности передачи [2].

Для проверки выдвинутых предположений была создана экспериментальная установка, изображенная на рис. 1.

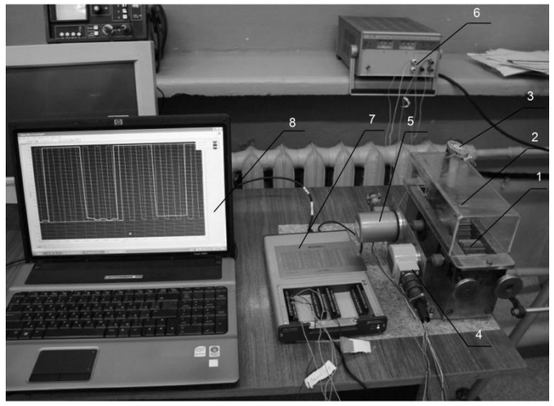


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:1 – ведущее зубчатое колесо, 2 – ведомое зубчатое колесо, 3 – датчик Холла; 4 – датчик высокочастотного опорного сигнала; 5 – датчик углового перемещения ведомого зубчатого колеса, 6 – блок питания; 7 – плата сбора данных; 8 – ЭВМ

Установка представляет собой зубчатую пару, имеющую Z_1 =20 зубьев и Z_2 =50 зубьев, с ведущим колесом 1 которой связан задатчик опорного сигнала 4, в качестве которого используется фотоэлектрический преобразователь углового перемещения ВЕ-178А, генерирующий 2500 импульсов за один оборот, а с ведомым колесом 2 – аналогичный датчик углового перемещения 5, генерирующий 1024 импульса за один оборот. Напротив зубчатого венца ведомого колеса установлен также датчик зубцовой частоты 3, генерирующий прямоугольные импульсы напряжения на основе эффекта Холла при прохождении под ним каждого зуба. Все датчики запитаны от источника питания 6, а дискретные сигналы от них, в виде прямоугольных импульсов, поступали на плату сбора данных 7, после чего полученный массив данных обрабатывался на ЭВМ 8 по разработанным алгоритмам. На одном из зубчатых колес был выполнен единичный дефект зуба, величину и место расположения которого следовало установить.

Идентификацию дефекта проводили по изменению периода зубцовой частоты ведомого колеса. Для установления величины единичного дефекта зубчатой пары и места его нахождения – на ведущем или ведомом колесе, использовалась информация, поступающая от датчика угла поворота ведущего колеса 4, генерирующего опорный сигнал, за каждый период зубцовой частоты, генерируемой датчиком Холла 3 при прохождении под ним каждого зуба ведомого зубчатого колеса. Предварительно были рассчитаны параметры импульсной системы, позволяющие установить величину и принадлежность единичного дефекта

Таким образом, оценка технического состояния зубчатой пары посредством контроля относительных угловых перемещений ведущего и ведомого колес путем подсчета импульсов опорного сигнала в каждом импульсе зубцовой частоты ведомого колеса, позволяет установить факт наличия единичного дефекта в зацеплении, оценить степень разрушения зуба и определить принадлежность его к одному из зубчатых колес.

Для оценки технического состояния привода, содержащего несколько пар зубчатых передач, этот способ диагностирования предполагает проведение контроля относительных угловых положений ведущего и ведомого звеньев в каждой паре зацепления кинематической цепи привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.] – 4-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.

2. **Пат. 6802 BY, C1 G 01 M 13/02.** Способ диагностирования зубчатых зацеплений механических передач / Г. Л. Антипенко [и др.]. – № a20020570 ; заявл. 02.07.02 ; опубл. 30.03.03. – 5 с.

УДК 658.1(075)

ПОКАЗАТЕЛИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. Г. БАРАНОВСКИЙ, А. П. ТРЕНИХИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Для оценки конкурентоспособности предприятия нужно рассматривать аспекты его хозяйственной деятельности, представленные в табл. 1.

Табл. 1. Критерии конкурентоспособности предприятия

Аспект	Критерии оценки
выпускаемая продукция	коэффициент конкурентоспособности продукции больше 1
конкурентные преимущества	перечень преимуществ
рыночная активность	заметная доля рынка и индекс роста продаж выше среднеотраслевого
финансовое состояние,	устойчивое
использование ресурсов	производительность труда, материалоёмкость, затраты на рубль продукции, фондоотдача, коэффициент оборачиваемости выше среднеотраслевых
инвестиционная привлекательность	высокий кредитный и инвестиционный рейтинги

Основным из перечисленных аспектов, очевидно, является выпуск конкурентоспособной продукции. При стабильных и растущих продажах у предприятия, как правило, и устойчивое финансовое положение и формируются высокий кредитный и инвестиционный рейтинги.

Соответствующие индикаторы должны отражать текущее и перспективное состояние конкурентоспособности предприятия для его администрации, руководителей среднего и низшего звеньев (табл. 2).

Табл. 2. Сфера ответственности за конкурентоспособность предприятия по уровням управления

Уровень	Руководители	Сфера ответственности
стратегический	администрация	конкурентные преимущества, рыночная позиция
тактический	начальники отделов и цехов	качество и издержки продукции, финансовое состояние, инвестиционная привлекательность
оперативный	начальники бюро и участков, мастера	производительная и качественная работа исполнителей

жается до нижнего предела, то предприятие продает ценные бумаги и пополняет расчетный счет.

В соответствии с Моделью Миллера-Орра остатки денежных активов предприятия на предстоящий период определяются в следующих размерах:

а) минимальный остаток денежных активов ($ДА_{мин}$) принимается в размере суммы их резерва, устанавливаемого самим предприятием;

б) оптимальный остаток денежных активов определяется по следующей формуле

$$ДА_{опт}=\sqrt[3]{\frac{3*Р_К*ОТ^2}{4*СП_к}}\ , \qquad (1)$$

где $ДА_{опт}$ – остаток денежных активов предприятия в планируемом периоде; $Р_к$ – средняя сумма расходов по обслуживанию одной операции краткосрочных финансовых вложений (фиксированный объем затрат по одной сделке); ОТ – сумма отклонения максимального значения остатка денежных активов от среднего в аналогичном отчетном периоде; $СП_к$ – ставка процента по краткосрочным финансовым вложениям в рассматриваемом периоде (выраженная десятичной дробью);

в) средний остаток денежных средств ($ДА_{ср}$) рассчитывается по формуле

$$ДА_{ср} = (ДА_{мин}+ДА_{опт})/2\ . \qquad (2)$$

Заключительным этапом оптимизации является обеспечение условий максимизации чистого денежного потока организации. Рост чистого денежного потока обеспечивает повышение темпов экономического развития на принципах самофинансирования, снижает зависимость этого развития от внешних источников формирования финансовых ресурсов, обеспечивает прирост рыночной стоимости организации.

Результаты оптимизации получают свое отражение в системе планов формирования и использования денежных средств организации в предстоящем периоде.

УДК 629.4

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СОУДАРЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА С ПРЕПЯТСТВИЕМ

Д. Я. АНТИПИН, С. Г. ШОРОХОВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брянск, Россия

Безопасность движения является одним из ключевых понятий при организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Комплекс мероприятий, направленных на предотвращение аварийных ситуаций, не обеспечивает абсолютной безопасности перевозочного процесса, особенно при повышении скоростей движения пассажирских поездов.

При проектировании современного подвижного состава большое внимание уделяется разработке систем пассивной безопасности, призванных снизить тяжесть последствий аварийных столкновений поездов с препятствиями на железнодорожном пути. Параметры и характеристики устройств поглощения энергии подобных систем определяются на основе анализа результатов расчетов и компьютерного моделирования аварийных ситуаций.

Методика предварительного выбора основных характеристик устройств поглощения энергии определяется утвержденными в 2011 г. Техническими требованиями к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм [1]. Подтверждение соответствия энергопоглощающих элементов системы пассивной безопасности требованиям по характеристикам, определенным расчетным путем, производится в ходе имитационного моделирования аварийной ситуации. Для этого в работе разработана компьютерная модель соударения пассажирского поезда с препятствием на переезде.

Динамическая модель соударения представляет собой моделирование сценария аварийного столкновения пассажирского поезда с грузовым автомобилем на переезде, реализованное в твердотельной постановке в программном комплексе «Универсальный механизм» [2].

При моделировании пассажирский поезд представлялся в виде совокупности систем связанных тел, описывающих его пространственные колебания. В соответствии с [1] в сценарии столкновения принимает участие поезд в составе головного локомотива и четырех пассажирских вагонов одной конструкции.

При создании модели рассматривался четырехосный локомотив с нагрузкой на ось 19 т, имеющий жесткий кузов и снабженный автосцепными устройствами и поглощающими аппаратами. В модели локомотива создано

тяговое усилие за счет введения на каждую колесную пару специального вращающего момента.

Пассажирские вагоны представлены в модели абсолютно твердыми телами с реальными геометрическими и инерциальными характеристиками. При моделировании кузовов учитывалось реальное расположение тяжеловесного внутреннего и навесного оборудования.

Взаимодействие вагонов между собой и локомотивом осуществлялось посредством упруго-диссипативных, силовых и контактных элементов программного комплекса.

Препятствие, моделирующее автомобиль массой 10 т на железнодорожном переезде, представлялось плоской вертикальной стенкой шириной 3000 мм, перпендикулярной оси движения поезда, нижняя кромка которой расположена на высоте 900 мм от уровня головки рельсов, верхняя кромка – на высоте 2200 мм от уровня головки рельсов. Препятствие считается абсолютно твердым телом, допускающим свободное перемещение только в направлении оси движения поезда (без поворотов, боковых и вертикальных смещений). При перемещении препятствия в направлении оси движения поезда силы, действующие на препятствие со стороны железнодорожного пути, не учитываются.

С использованием разработанной модели проведено математическое моделирование соударения пассажирского поезда с автомобилем на скорости 36 км/ч, что согласуется со статистикой аварийных столкновений на железнодорожном транспорте. В результате моделирования определены усилия, действующие на несущие конструкции кузовов вагонов и локомотива, а также ускорения их элементов. Анализ результатов показывает, что при столкновении поезда с автомобилем на несущую конструкцию кузова локомотива воздействуют нагрузки, не приводящие к его значительному деформированию, в то время как автомобиль получает значительные повреждения, что объясняется его меньшей жесткостью при боковой ударе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм. Утверждены ОАО «РЖД» 20.12.11.

2. «Универсальный механизм». Руководство пользователя, 2006.

УДК 338

ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ

О. В. БАЛЬЧЕВСКАЯ, И. А. ВЕРЕМЕЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Для осуществления нормальной жизнедеятельности организация должна располагать оптимальной суммой денежных средств. Недостаток средств может негативно отразиться на деятельности предприятия и привести к неплатежеспособности, снижению ликвидности, убыточности. Избыток денежных средств также может иметь отрицательные последствия для предприятия. Избыточная денежная масса, не вовлеченная в производственно-коммерческий оборот, не приносит дохода.

При наличии на расчетном и других счетах очень большой денежной массы у предприятия возникают издержки неиспользованных возможностей или упущенная выгода (вмененные издержки). При минимальном запасе денежных средств у компании возникают издержки по пополнению этого запаса, так называемые издержки содержания, которые зависят от политики оборотного капитала компании.

К определению оптимального уровня кассового остатка следует подходить как к задаче минимизации издержек от обладания наличными деньгами. Т. е. к денежным средствам могут быть применимы модели, разработанные в теории управления запасами и позволяющие оптимизировать величину денежных средств. Существует несколько моделей управления остатками денежных средств для целей максимизации надежности обеспечения денежными средствами и увеличения прибыли за счет использования других источников доходов (например, за счет вложения в краткосрочные ценные бумаги или в банковский депозит).

Для анализа этой проблемы наиболее эффективной является модель оптимизации запасов денежных средств Миллера-Орра. Миллер и Орр исходят из предположения, что существует только две формы активов – деньги и легкореализуемые ценные бумаги, которые часто рассматриваются как банковский депозит. Кроме того, их модель допускает как увеличение, так и уменьшение кассового остатка, а оптимальный кассовый остаток представляет собой не точное значение, а интервал. Поток денежных средств изменяется в границах верхнего и нижнего пределов объема денежных средств, а также планового денежного сальдо.

Когда денежное сальдо достигает верхнего предела, предприятие покупает легкореализуемые ценные бумаги с целью приведения запаса денежных средств к нормальному уровню. Соответственно, если денежное сальдо сни-

– коэффициент годности основных фондов (Кгодн) составил 0,30.

В ходе исследования была **рассмотрена загруженность техники** на объектах ОДО «Георемстрой» в 2013 г.

Коэффициент загрузкибуровой техники ОДО «Георемстрой» составил 0,82. Из них 75 % своего рабочего времени буровая техника работала на объектах ОДО «Георемстрой», 25 % рабочего времени – сдавалась в аренду. Наименьшая загрузка техники пришлась на январь и май 2013 г. – 70 %. Автобетоносмеситель был загружен только на 60% своих мощностей. Загрузка гидроманипулятора составила 89 %.

В целях повышения эффективности использования внеоборотных активов ОДО «Георемстрой», предлагаются **следующие мероприятия:**

– *освобождение предприятия от излишнего оборудования, машин и других основных средств*;

– *предоставление услуг по аренде техники сторонним организациям*. Предполагается, что проведение данных мероприятий позволит снизить время простоя техники, что приведет к повышению коэффициента загрузки буровой техники с 82 % до 93–95 %, автобетоносмесителя с 61 % до 90–95 %, автомобиля с гидроманипулятором с 89 % до 93–95 % и повлечет за собой увеличение выручки от аренды оборудования на 20 % ежегодно.

– *приобретение высокотехнологичных основных средств:*

а) установку для работы в ограниченном пространстве (в закрытых помещениях, подвалах, коридорах). Выбор был сделан в пользу ***буровой установки УБГ-Л2 «Аллигатор»*** фирмы ЗАО НПЦ «Современная Буровая Техника» (стоимость установки составляет 712 500 000 р.). Покупка данной установки расширит производственные возможности фирмы;

б) установку для выполнения таких видов работ как погружение, извлечение стальных профилей, шпунта, балок, бурение шнеками, CFA, бурение Келли-штангой, бурение обсадными трубами и без них, а также для забивки стальных профилей и труб. Руководством ОДО «Георемстрой» было решено приобрести ***буровую установку фирмы ABI, модель TM14/17V*** (стоимость установки составляет 3 275 000 000 р.). Ее приобретение позволит выполнять работы намного быстрее и качественнее по сравнению с уже имеющимися установками.

Таким образом, продажа и покупка вышеперечисленной техники позволит оптимизировать состав и структуру основных средств ОДО «Георемстрой», а также увеличить производственный потенциал предприятия.

УДК 621.865

НОВЫЕ ПЛАНЕТАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ НА ОСНОВЕ ПЕРЕДАЧ С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ

Л. А. БОРИСЕНКО, В. Л. КОМАР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На кафедре «Основы проектирования машин» проводится исследование и проектирование планетарных механизмов нового класса – планетарных механизмов с гибкими связями (ПМГС). Предложенные схемы ПМГС защищены патентами Республики Беларусь.

В основе образования планетарного механизма с гибкой связью лежит обычная рядовая передача с гибкой связью. Способ преобразования рядового механизма с гибкой связью в планетарный аналогичен способу преобразования обычной рядовой зубчатой передачи в планетарный механизм: если стойке рядовой передачи сообщить вращение вокруг одного из колес, принятого за неподвижное, – получим планетарную передачу. Передаточное отношение полученной передачи определяется отношением угловой скорости водила к угловой скорости сателлита.

Передаточное отношение передачи определяется по общему правилу как для планетарного механизма и зависит от чисел зубьев звездочек и не зависит от длины гибкой связи.

Эту схему можно рассматривать как нечто среднее между волновым и планетарным механизмом. По отношению к ним механизм обладает рядом полезных свойств. Основным активным элементом ее является гибкая связь, охватывающая примерно половину диаметра шкива (звездочки) и покоящаяся на нем.

Иногда высказывается мнение, что это волновая передача с одной волной деформации. Однако, основным признаком волновой передачи, отличающим ее от планетарной, считается отсутствие звеньев с планетарным движением. В рассматриваемой передаче в явном виде присутствует сателлит с планетарным движением. Кроме того, в волновой передаче имеет место перемещение зубьев по высоте, в то время как в ПМГС контактирующие зубья покоятся на дуге обхвата.

ПМГС отличаются простотой устройства и широким спектром возможного применения. В ряде случаев такие передачи не требуют смазки и могут быть осуществлены с использованием высокопрочных полимерных материалов, что снижает их материалоемкость и стоимость изготовления.

В качестве гибких связей могут использоваться поликлиновые и зубчатые ремни, а также зубчатые и роликовые цепи.

Особенно эффективно использование мелкомодульных зубчатых цепей. В этом случае в связи с участием в передаче усилия большого числа зубьев уменьшаются габариты передачи при сохранении высокой нагрузочной способности. Зубчатые цепи обеспечивают более плавную работу с меньшим шумом чем роликовые цепи. Они обеспечивают также высокую кинематическую точность благодаря равномерному изменению шага в процессе работы и обладают повышенной надежностью.

Поскольку мелкомодульные зубчатые цепи промышленностью не выпускаются, для экспериментальных образцов были разработаны и изготовлены две оригинальные конструкции таких цепей с модулем 1 и 0,5 мм. Одна конструкция представляет собой разрезное зубчатое колесо, во второй используется набор пластин как в обычной цепи. Технология изготовления таких цепей практически не отличается от технологии изготовления зубчатых колес.

В рамках проведения исследования изготовлены образцы механизмов с использованием разнообразных оригинальных конструкций ремней и цепей, работающих как на сжатие, так и на растяжение.

Разработаны и испытаны опытные образцы планетарных механизмов с мелкомодульными зубчатыми гибкими связями, реализующие передаточные отношения 180, 140 и 80.

Наиболее эффективным решением, которое уже может быть предложено производству, является использование механизмов с гибким связями в тихоходных ступенях двухступенчатых планетарных механизмов, реализующих большие передаточные отношения. Такие механизмы в частности востребованы в устройствах типа медленно вращающихся рекламных тумб, которые сейчас популярны и находят все большее распространение. По сравнению с используемыми приводными механизмами предлагаемые передачи характеризуются уменьшенными габаритами и соответственно более низкой стоимостью. В лаборатории кафедры изготовлены опытные образцы редукторов с передаточными отношениями 1700 и 2400.

Оба механизма построены на модульном принципе, который позволяет простым образом реализовывать механизмы с различными передаточными отношениями.

В первом образце в быстроходной ступени используется планетарный механизм схемы K-H-V с разницей чисел зубьев в один зуб и передаточным отношением 17. Во второй ступени используется планетарный механизм с передаточным отношением 100 с гибкой связью в виде стандартной втулочной цепи с шагом 9, 525 мм и разрывным усилием 20 кН.

УДК 336.6

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВНЕОБОРОТНЫХ АКТИВОВ БУРОВОЙ КОМПАНИИ

Ю. В. АНИСИМОВ, Ю. К. ЩЕРБАКОВА
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Внеоборотные активы – фундаментальная основа бизнеса. От того, как они сформированы, как они управляются, как изменяется их структура и качество, насколько эффективно они используются, зависят в конечном итоге долгосрочные успехи или неудачи бизнеса.

Актуальность работы заключается в том, что от состояния и эффективного использования внеоборотных активов зависят качественные показатели деятельности хозяйствующего субъекта.

Рассмотрим использование внеоборотных активов на примере буровой компании ОДО «Георемстрой».

Основной сферой деятельности предприятия являются специальные строительные работы в области фундаментостроения: устройство различных типов свай, упрочнение грунтов в основаниях фундаментов существующих и проектируемых зданий и сооружений; усиление фундаментов деформирующихся зданий и сооружений.

В распоряжении предприятия имеется **15 единиц техники:** буровые установки, буровые станки, спецавтотранспорт (автомобиль с гидроманипулятором и автобетоносмеситель).

За последние 5 лет предприятие выполнило специальные строительные работы более чем на 200 объектах в Республике Беларусь.

Проведем анализ внеоборотных активов для оценки производственных возможностей организации и перспектив ее развития.

Анализ состава внеоборотных активов ОДО «Георемстрой» показал, что в него входят *основные средства (78 %)* и *доходные вложения в материальные ценности (22 %)* по состоянию на 2013 год.

В 2013 г. в *структуре основных средств* ОДО «Георемстрой» наибольший удельный вес занимает буровое оборудование – 43 %, транспортные средства – 22 %, спецавтотранспорт – 19 %, машины и оборудование – 13 %.

Для **характеристики состояния основных фондов**, их динамики и технического состояния были рассчитаны следующие показатели (по состоянию на 31.12.13): коэффициент выбытия основных фондов (Кв) составил 0,39; коэффициент обновления основных фондов (Коб) – 0,74; коэффициент прироста (Кпр) – 1,33.

Для **определения возрастного состава основных фондов**были рассчитаны коэффициенты износа (Кизн) и годности (Кгодн) за 2013 г.:

– коэффициент износа основных фондов (Кизн) составил 0,70;

ной иностранной валюты, представление сведений о поступивших денежных средствах по валютной операции;

– операции с аккредитивами;

– покупка/продажа драгоценных металлов;

– пополнение/отзыв депозита;

– выплата заработной платы на счета сотрудников организации;

– отзыв документов, переданных в банк;

– получение выписок по счетам и приложений к ним;

– получение различной финансовой информации (о забронированных денежных средствах, зачислениях в инвалюте, принятых платежах, поступивших для акцепта платежных требованиях, об отправленных платежных требованиях, ограничениях на платежи в случае приостановления операций органами взыскания, курсы валют и т.д.) и др. операции.

Кроме того, система предоставляет возможность клиентам использовать различные внешние справочники («Банки Республики Беларусь», «Коды платежей в бюджет», «УНП таможенных органов» и др.) и формировать локальные справочники (контрагенты, сотрудники, назначения платежей и др.).

Система имеет много достоинств:

1) оперативность и экономичность. Использование системы дистанционного банковского обслуживания позволяет из офиса осуществлять управление финансовыми потоками организации и существенно сокращает затраты рабочего времени персонала, связанные с посещением банка;

2) простота и удобство. Автоматизация процесса подготовки платежных и иных документов, а также наличие программного контроля по заполнению обязательных реквизитов в документах значительно упрощает пользование системой и позволяет минимизировать операционные ошибки;

3) безопасность и эффективность. Передаваемые через «Банк-Клиент» документы подписываются электронной цифровой подписью уполномоченных лиц и шифруются при помощи средств криптографической защиты информации.

Таким образом, следует отметить следующее: при сохраняющемся риске мошеннического взлома и несанкционированного доступа к денежным средствам, находящимся на счетах, СДБО является одним из перспективных направлений банковской деятельности, и имеет возможности расширить комплекс, предоставляемых онлайн-услуг.

УДК 539.3

РЕШЕНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ПРИ ТЕРМОРАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК, В. М. ХВИСЕВИЧ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Рассматривается бесконечно длинный однородный сплошной цилиндр, который подвергается воздействию температурной нагрузки, радиационного распухания и внешнего давления. В связи со спецификой заданных нагрузок и с учетом физической и геометрической симметрии рассматривается осесимметричная задача теории упругости.

Дифференциальное уравнение равновесия имеет вид:

$$\sigma_r - \sigma_\theta + r\frac{d\sigma_r}{dr} = 0, \qquad (1)$$

где σ_r, σ_θ – радиальное и касательное напряжение, r – переменный радиус.

Граничные условия задачи: $u_r = 0$ при r=0, $\sigma_r = -P$ при r=R, где P – внешнее давление, R – наружный радиус цилиндра.

Эмпирическая функция радиационного распухания принята согласно [1]:

$$S\left(T\left(r\right),t\right) = 4{,}9\cdot 10^{-51}\cdot\left(\Phi\cdot t\right)^{1{,}71}\cdot 10^{\frac{15490}{T}-\frac{5{,}98\cdot 10^6}{T^2}}, \qquad (2)$$

где t – время, Φ – нейтронный поток, T – температурное поле как функция координаты:

$$T = T_S + \frac{q_v}{4\lambda}\left(R^2 - r^2\right), \qquad (3)$$

где T_S – температура на наружной поверхности, q_v – объемное тепловыделение, λ – коэффициент теплопроводности материала.

При уравнениях обобщенного закона Гука и геометрических соотношениях Коши [1] получены компоненты напряжений рассматриваемой задачи, выраженные через перемещения:

$$\sigma_r = \frac{E}{(1-2\nu)(1+\nu)}\cdot\left(\left(1-\nu\right)\cdot\frac{du_r}{dr} + \nu\cdot\frac{u_r}{r} - (1+\nu)\cdot\left(\alpha\cdot T + \frac{S}{3}\right)\right),$$

$$\sigma_\theta = \frac{E}{(1-2\nu)(1+\nu)}\cdot\left(\left(1-\nu\right)\cdot\frac{u_r}{r} + \nu\cdot\frac{du_r}{dr} - (1+\nu)\cdot\left(\alpha\cdot T + \frac{S}{3}\right)\right), \qquad (4)$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1-2\nu)}\cdot\left(\frac{\nu}{1+\nu}\cdot\left(\frac{du_r}{dr} + \frac{u_r}{r}\right) - \left(\alpha\cdot T + \frac{S}{3}\right)\right).$$

С учетом (1) и (4) получено дифференциальное уравнение равновесия в

перемещениях

$$\frac{d^2u_r}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{du_r}{dr}-\frac{u_r}{r^2}=\frac{1+\nu}{1-\nu}\left(\alpha\cdot\frac{dT}{dr}+\frac{1}{3}\frac{dS}{dr}\right), \quad (5)$$

где ν – коэффициент Пуассона.

Общее решение, удовлетворяющее однородному уравнению:

$$\bar{u}_r=C_1\cdot r+\frac{C_2}{r}\ . \quad (6)$$

Для нахождения частного решения (5) применен принцип суперпозиции, т. е. рассматривалось решение отдельно от температурного нагружения и радиационного распухания. Для температурной части получено частное решение в виде:

$$u_{r1}^*=-\frac{1}{16}\cdot\frac{\alpha q_v}{\lambda}\cdot\frac{1+\nu}{1-\nu}\cdot r^3. \quad (7)$$

Подобрать частное решение для радиационной задачи ввиду сложности функции радиационного распухания в аналитическом виде не удалось. Проведена аппроксимация функции S полиномом $y=A+Br+Cr^2+Dr^3$. Определение постоянных A, B, C, D ввиду громоздкости математических вычислений проводилось с учетом характеристик для материала ОХ16Н15М3Б [1]. Окончательно для фиксированного момента времени t = 1000 ч получена следующая зависимость аппроксимирующей функции от радиуса: $y=0,002267+0,005185r+75,309r^2+7316r^3$. С учетом того, что для данного материала $u_{r1}^*=-39,54379r^3$, окончательное решение (5) с учетом граничных условий имеет вид:

$$u_r=0,02255126r+0,00172833r^2-20,71654r^3+1463,2r^4. \quad (8)$$

Получены значения компонент напряжения $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ и деформаций $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta$ в зависимости от координаты. Исследована их зависимость от времени облучения и свойств материала. Анализ полученных результатов показывает, что с течением времени влияние радиационного воздействия на радиальные напряжения значительно возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Куликов, И. С.** Прочность тепловыделяющих элементов быстрых газоохлаждаемых реакторов // И. С. Куликов, Б. Е. Тверковкин. – Минск, 1984.

2. **Хвисевич, В. М.** Исследование напряженно-деформированного состояния сплошного цилиндра при температурном, механическом и радиационном нагружении / В. М. Хвисевич, А. И. Веремейчик // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 4. – С. 25–28.

УДК 336.71

ПРЕИМУЩЕСТВА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ БЕЗНАЛИЧНЫХ РАСЧЕТОВ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ «БАНК-КЛИЕНТ»

М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК

Государственное учреждение высшего профессионального образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Вектор совершенствования процесса обслуживания банками клиентов ориентирован на широкое применение современных форм осуществления расчетных и платежных операций, к которым относится система дистанционного банковского обслуживания (СДБО).

СДБО – это многофункциональный программно-технический комплекс, предоставляющий клиентам полный спектр услуг для дистанционного управления счетом с использованием сети Интернет.

В границах СДБО можно выделить следующие подсистемы оказания услуг клиентам:

– «Банк-клиент»;

– интернет-банкинг – на основе платежей через Интернет;

– телефон-банкинг – на основе банковской системы голосовых сообщений;

– мобильный банкинг – на основе WAP, КПК и SMS-технологий.

В большинстве белорусских банков установлены СДБО, которые делают более удобным процесс взаимодействия с клиентами. Наибольшим спросом у корпоративных клиентов пользуются подсистема «Банк-Клиент»: оборот рынка электронных платежей через данную подсистему увеличивается ежегодно в среднем на 18 %.

Подсистема «Банк-клиент» позволяет клиентам на своем рабочем месте без непосредственного обращения в банк выполнять разнообразные операции:

– платежи в белорусских рублях и иностранной валюте;

– передача платежных требований на инкассо, акцепт платежных требований;

– оплата расчетных документов из картотеки, формирование ведомости по картотеке;

– бронирование денежных средств на неотложные нужды/перечисление (выплату) заработной платы, целевых кредитных средств;

– представление информации об отсутствии обязательств или исполнении обязательств по платежам в бюджет;

– покупка/продажа/конверсия иностранной валюты, обязательная продажа иностранной валюты, изменение целевого использования приобретен-

баланса. Данным целям курсовой политики отвечает режим плавающего валютного курса и в рамках стран Восточной Европы подтверждается опытом Чехии, Польши и Венгрии. В Республике Беларусь данный вид режима валютного курса действует с октября 2011 г. Если страна имеет недостаточно развитый валютный рынок, высокий уровень долларизации, существует зависимость инфляции от курсовых колебаний и «страх перед плаванием», то целью курсовой политики должно стать достижение баланса между монетарными и реальными целями управления валютным курсом. Такой цели отвечают промежуточные режимы валютных курсов и режимов привязки, что подтверждается опытом Хорватии, Румынии, России, Украины, Беларуси (до 2012 г.). Странам с высокой степенью открытости экономики, достаточным уровнем золотовалютных резервов и конвертируемостью валют по счету движения капитала целесообразно руководствоваться такими целями курсовой политики, как снижение инфляции и стабилизация спроса и предложения денег. Данные цели курсовой политики реализуются при установлении фиксированного валютного курса, причем варианта жесткой фиксации. Режим валютного совета, выбранный Эстонией, Литвой, Болгарией наиболее соответствовал рассмотренным условиям экономического развития этих стран и не был изменен, несмотря на значительные экономические трудности.

Рассматривая опыт Республики Беларусь, заключим, что в соответствии с развитием экономики страны осуществлялся постепенный переход от фиксации к промежуточным режимам курсообразования (2009–2012 гг.), а при активизации международной торговли и вступлении в ЕЭП переход к управляемому плаванию курса белорусского рубля. С учетом открытости экономики Республики Беларусь, обменный курс используется в качестве инструмента прямого воздействия на динамику внутренних цен на основе ограничения роста цен на импортные товары. Сдерживание роста рублевого эквивалента стоимости импортных материалов, сырья и комплектующих изделий позволяет снизить темпы роста издержек и соответственно внутренних цен на продукцию белорусских товаропроизводителей. Косвенное влияние обменного курса на динамику внутренних цен связано как с его воздействием на объем денежного предложения в национальной валюте, так и с формированием конкурентной среды, стимулирующей снижение издержек производства. В связи с этим основная задача курсовой политики заключается в обеспечении стабильности обменного курса и формировании тем самым положительных эффектов в виде снижения инфляционных и девальвационных ожиданий, ограничения издержек, связанных с рисками изменения обменного курса.

УДК 621.861: 621.833

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЯГОВЫХ УСИЛИЙ

А. Н. ГАЙСЕНОК, П. Н. ГРОМЫКО, Д. М. МАКАРЕВИЧ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Общие технические требования и методы испытаний лестниц, устанавливаемых стационарно снаружи жилых, промышленных, общественных зданий и сооружений, используемых пожарными подразделениями для подъема на крыши и чердаки, а также ограждений крыш зданий, используемых для обеспечения безопасности при проведении аварийно-спасательных и ремонтных работ установлены в СТБ 11.13.22-2011 «Лестницы пожарные наружные стационарные и ограждения крыш».

Указанные конструкции подлежат испытаниям при приемке здания или сооружения в эксплуатацию, а далее не реже одного раза в пять лет в период эксплуатации здания. При наличии условий, обуславливающих ускорение процесса разрушения конструкций (механическое повреждение, отсутствие, повреждение или несоответствие условиям эксплуатации антикоррозионного покрытия по ГОСТ 9.032), эксплуатационные испытания необходимо проводить один раз в год.

В соответствии с этим существует необходимость создания испытательной установки удовлетворяющей требованиям стандарта.

Установка для создания тяговых усилий должна обеспечивать возможность приложения усилия к лестницам и ограждающим конструкциям до 6300 Н, регистрацию прикладываемого усилия при помощи динамометра.

С целью создания установки были решены следующие задачи:

– проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению возможности разработки установки для создания тяговых усилий, предназначенной для проведения испытаний лестниц пожарных наружных стационарных;

– разработана рабочая конструкторская документация на электрическую лебедку и установку в целом;

– изготовлен опытный образец установки;

– проведен комплекс испытаний.

В качестве тягового механизма была использована электрическая лебедка, разработанная на базе планетарной прецессионной передачи.

Расчет параметров планетарной прецессионной передачи электрической лебедки осуществлялся на основе методики, разработанной учеными Белорусско-Российского университета.

Конструкция электрической лебедки была разработана в рамках НИР при выполнении хоздоговорной работы между учреждением «Могилевское областное управление МЧС» и «Белорусско-Российский университет».

Установка для создания тяговых усилий для проведения испытаний ограждающих конструкций крыш зданий и сооружений, а также пожарных лестниц состоит из плиты 1 с набором грузов 2, электрической лебедки 3, разработанной на базе планетарной прецессионной передачи типа 2К-Н, динамометра ДПУ-0,5-2 4, блока с канатом 5, передвижной станции питания 6, электрического кабеля с барабаном для его намотки 7 (рис. 1).

Рис. 1. Установка для создания тяговых усилий

В результате проведенных испытаний установлено, что установка для создания тяговых усилий имеет следующие основные технические характеристики:

– потребляемый ток – однофазный 220 В;

– потребляемая мощность – 0,66 кВт;

– максимально достигаемое тяговое усилие (с блоком) – 7840 Н;

– масса используемой электрической лебедки с планетарной прецессионной передачей – 12 кг;

– рабочая длина каната – 5 м;

– скорость перемещения конца каната – 0,4–0,6 м/мин.

Конструкция электрической лебедки для создания тяговых усилий, разработанная на базе планетарного прецессионного редуцирующего механизма, обеспечивает плавную, без рывков и заеданий, намотку (смотку) троса, подвижные детали установки вращаются плавно без заеданий.

УДК339.743(476)

УСЛОВИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ВАЛЮТНОГО КУРСА ДЛЯ СТРАН С ТРАНЗИТИВНОЙ ЭКОНОМИКОЙ

Т. С. АКУЛИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Изменение экономической ситуации Республики Беларусь, вызванное кризисными явлениями в финансовой сфере, требует использования государственными органами различных методов и инструментов регулирования экономических процессов. Одним из таких инструментов выступает курс национальной валюты, прямо или косвенно оказывающий влияние на все макроэкономические показатели.

При выборе политики курсообразования государственными органами необходимо учитывать приоритет целей государственной политики и сложившиеся условия национальной экономики, основными элементами которой выступают режим валютного курса и тенденция изменения номинального и реального курсов национальной валюты. Страны с транзитивной экономикой в качестве режима в основном используют фиксацию валютного курса, постепенно переходя на плавающие режимы, что является характерной чертой и курсообразования в Республике Беларусь. Рассматривая опыт фиксации валютного курса, в экономической литературе в качестве основной причины выбора странами с транзитивной экономикой того или иного варианта привязки курса национальной валюты выделяют сильную зависимость внутреннего потребления от импорта, что объясняет повышенное влияние курсовых изменений на инфляцию. Действительно, эффективность режимов привязки в плане подавления инфляции обусловливается тем, что в транзитивных экономиках воздействие колебаний валютного курса на внутренние цены выше в сравнении с индустриально развитыми странами. Одно из объяснений практики вмешательства в работу валютного рынка с целью сглаживания резких скачков конъюнктуры дается в работе Кальво и Рейнхарт, и называется, по мнению авторов, «страхом перед плаванием».

Основополагающим фактором при определении политики курсообразования являются специфические условия экономического развития государств. С учетом целей политики валютного курса и условий экономического развития рассмотрим систему предпочтений при выборе режима валютного курса стран Восточной Европы и СНГ. При условии наличия развитого валютного рынка, отсутствия ограничений по счету движения капитала и реализации системы инфляционного таргетирования целями курсовой политики будут выступать рост занятости и производства, равновесие торгового

установленном порядке в Республике Беларусь, может обратиться в орган по сертификации, включенный в национальную часть Единого реестра Российской Федерации. Единый реестр размещен на официальном сайте Евразийской экономической комиссии (www.tsouz.ru).

Дополнительное подтверждение, регистрация и признание сертификатов о соответствии требованиям технического регламента Таможенного союза, оформленных по Единой форме и выданных аккредитованным органом, входящим в Реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза, со стороны Республики Беларусь не требуется.

Оборудование, соответствующее требованиям технического регламента Таможенного союза и прошедшее процедуру подтверждения соответствия должно иметь:

– единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза (знак «ЕАС» наносится на каждую единицу оборудования любым способом, обеспечивающим четкое и ясное изображение в течение всего срока службы оборудования, а также приводится в прилагаемой к нему технической документации изготовителя);

– наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;

– обозначение типа оборудования;

– заводской номер;

– номер сертификата соответствия;

– маркировку взрывозащиты в виде специального знака взрывобезопасности.

При поставке оборудования потребителю изготовитель прилагает техническую документацию, которая должна включать: чертежи средств обеспечения взрывозащиты; указания по монтажу, сборке, наладке и меры по обеспечению безопасности при эксплуатации (включая ввод в эксплуатацию, использование по прямому назначению, техническое обслуживание, все виды ремонта); чертежи и спецификации, используемые при ремонте, проверках и технических освидетельствованиях; сертификат соответствия с указанием описания конструкции и средств обеспечения взрывозащиты; специальные условия применения (если в маркировке взрывозащиты указан знак «Х»).

В настоящее время ведется работа о создании на базе Белорусско-Российского университета органа по сертификации взрывозащищенного электрооборудования на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011«О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

УДК 621.83

ПРЕЦЕССИОННЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕДУКТОР

П. Н. ГРОМЫКО, Л. Г. ДОКОНОВ, Ю. А. ДЕМЕНТУС, В. Л. ЮРКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Преимуществами механических передач фрикционного типа перед другими видами механических передач является их простота, обеспечивающая низкую себестоимость изготовления, а также работа с пониженными шумовыми характеристиками. Однако их использование в некоторых областях ограничивается невозможностью трансформировать вращение с большими значениями передаточных отношений. Обеспечить большие передаточные отношения редукторам фрикционного типа возможно на основе использования прецессионного взаимодействия их контактирующих звеньев [1–2].

Предлагаемое совершенствование конструкции редукторов фрикционного типа позволит не только обеспечить увеличение значений передаточного отношения, но и сократит цепь магнитно-механического взаимодействия за счет передачи вращающегося магнитного потока статора непосредственно на сателлит редуцирующего механизма [3].

На основе предложенной идеи была разработана схема прецессионного магнитного редуктора, показанная на рис. 1.

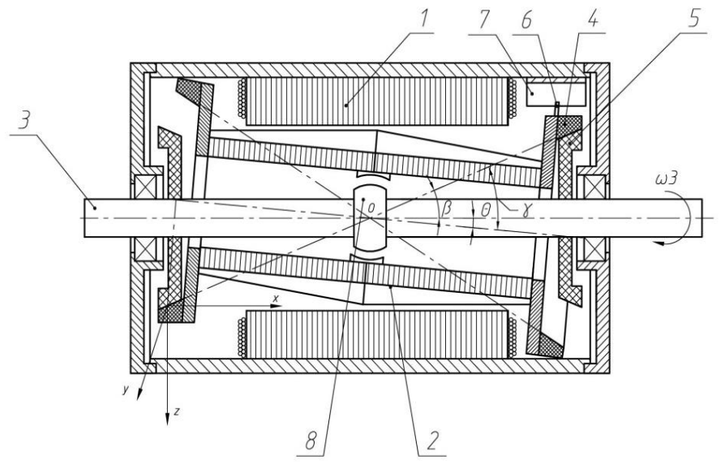


Рис. 1. Схема прецессионного магнитного редуктора, на основе использования фрикционного взаимодействия

Прецессионный магнитный редуктор работает следующим образом. Переменное электрическое поле создает переменное магнитное поле в статоре 1, которое с течением времени перемещается по кругу с угловой частотой

ω_1. В роторе 2 ток по обмоткам течет таким образом, чтобы он создавал колебания ротора. Колебательное движение ротора на выходном валу 3 возможно благодаря использованию сферического подшипника 8, установленного в точке прецессии О. Поворот ротора вокруг своей оси ограничивает штифт 6, который взаимодействует с ограничителем 7. При этом к торцам ротора 2 прикреплены фрикционные наладки 4, имеющие внутреннюю конусную поверхность, которые взаимодействуют с наружной конусной поверхностью фрикционных дисков 5. Фрикционные диски 5 жестко закреплены на выходном валу 3. Конус поверхности дисков 5 выполнен так, чтобы при контакте двух указанных выше конусных поверхностей линия их контакта пресекала точку прецессии О. В результате взаимодействия этих двух тел, угловая скорость выходного вала 3 уменьшиться на значение передаточного отношения, зависящее от углов конусности указанных поверхностей.

Планируется, что разработанные приводные устройства будут иметь более низкие массогабаритные показатели и отпускную цену. При этом появится возможность конструктивно простого, плавного регулирования частоты вращения выходного вала разработанных планетарных магнитных приводов. Это расширит их функциональные возможности по сравнению с широко применяемыми в настоящее время приводными устройствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Громыко, П. Н.** Структурные варианты исполнения планетарных магнитных приводов, разработанных на базе прецессионных передач различных типов // П. Н. Громыко, Л. Г. Доконов, П. С. Гончаров, Е. Г. Кривоногова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 70 – 77.

2**. Пат. 15751Респ. Беларусь, МПК (2006.01) F16H 13/06.** Фрикционная планетарная передача / П. Н. Громыко и др. ; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – № a20090520; заявл. 13.04.09. – 6 с.

3. **Пат. 1628159 РФ, МПК 4 Н 02 К 41/06.** Шаговый электродвигатель с колеблющимся ротором / Г. В. Ерошин, А. А. Сафин, Е. И. Цокур. – № 4662414/07, заявл. 13.03.89, опубл. 15.02.91, Бюл. № 6. – 3 с.

УДК 621.3

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ СРЕДАХ

Л. Г. ЧЕРНАЯ, В. Н. АБАБУРКО, П. Ф. НИКИТИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Обязательным условием обращения оборудования на единой территории Таможенного союза, является прохождение процедуры оценки (подтверждения) соответствия требованиям взрывобезопасности, которые установлены техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», а также другими техническими регламентами Таможенного союза и техническими регламентами Евразийского экономического сообщества, действие которых распространяется на данное оборудование.

Подтверждение соответствия оборудования требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 носит обязательный характер и осуществляется в форме сертификации на основе испытаний с получением единого сертификата соответствия техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 012/2011. Подтверждение соответствия оборудования осуществляется по схемам:

– в отношении серийно выпускаемого оборудования – сертификация оборудования на основе испытаний типового образца в аккредитованной испытательной лаборатории (центре) и анализа состояния производства с последующим инспекционным контролем (схема 1, с);

– в отношении ограниченной партии оборудования – сертификация партии оборудования на основе испытаний образцов оборудования из этой партии (схема 3, с) в аккредитованной испытательной лаборатории (центре);

– сертификация единиц оборудования на основе испытаний единицы оборудования в аккредитованной испытательной лаборатории (схема 4, с).

Получить сертификат соответствия можно только в аккредитованных органах по сертификации, включенных в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза. Испытания должны проводиться в аккредитованных испытательных лабораториях, включённых в упомянутый реестр.

Заявитель может обратиться за получением документов о подтверждении соответствия продукции требованиям технических регламентов (сертификат соответствия и декларация о соответствии) в любой орган по сертификации и испытательную лабораторию (центр), включенные в Единый реестр, вне зависимости от того, в каком государстве- члене Таможенного союза зарегистрирован заявитель. Например, заявитель, зарегистрированный в

счетчик так же, как и индукционный, даст погрешность, которая будет несколько меньше, чем индукционного.

В математической модели электрического счетчика активная мощность основной гармоники реализована выражением:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1.$$

Активная мощность высших гармоник:

$$Pг = \sum_{\mu=\nu=2,3\ldots}^{40} U_\nu \cdot I_\mu \cdot \cos\varphi_\nu.$$

Так при U_5/U_1 = 20 % и I_5/I_1 = 20 % отклонение показаний счетчика от реальных значений составит +3,8 %, а при U_5/U_1 = 20 % и I_5/I_1 = -20 % (нагрузка – активная, а источником искажения являлся потребитель) составит –4,1 %.

Анализ технической документации на электронные счетчики класса 0,2 S и 0,5 S Нижегородского завода им. Фрунзе типа СЭТ-4тм.02.2, EMS ЗАО «ELGAMA-ELEKTRONIK» Литва 2004г., Гран-Электро СС-301 РБ, Евро-Альфа, Альфа-Плюс АББ Вэи Метроника, ЦЭ 6850 ОАО «ЗИП Энергомера» выполненных в соответствии с требованиями нормативной документации: ГОСТ 30207-94, МЭК 1268-95, ГОСТ 30206-94, ГОСТ 26035-83, ГОСТ 6570-96 показывает отсутствие в них нормирования дополнительных погрешностей, вызванных влиянием установленных ГОСТ 13109-97 показателей качества напряжения промышленной частоты. У этих счетчиков дискретный интервал измерения мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности – 1 с. Измерительный шунт, с помощью которого измеряются токи высоких гармоник, должен иметь постоянную времени не менее 10^{-5} с.

В 1996 г. в международный стандарт МЭК 1036 (в настоящее время – МЭК 61036) внесены изменения, отражающие реальные погрешности электронных счетчиков при учете электроэнергии в реальных искажающих энергосистемах, несимметрично загруженных несинусоидальными токами. Однако эти изменения не отразились в ГОСТ 30206 и ГОСТ 30207-94, что приводит к экономическим потерям электроэнергии при использовании данных типов приборов учета.

Выводы.

1. При искажении синусоидальности и симметрии кривых тока и напряжения всегда появляется отрицательная дополнительная погрешность измерения электроэнергии.

2. При значительных коэффициентах несинусоидальности в сети необходимо измерять активную и реактивную энергию (мощность) только первой (основной) гармоники.

3. Существующие приборы учета типа Альфа-Плюс, ЦЭ 6850, СЭТ-4тм.02.2 и др. не отражают реальные погрешности при учете энергии в искажающих энергосистемах и потребителях.

УДК 621.9

КОНСТРУКЦИЯ ПЛАНЕТАРНОГО ПРЕЦЕССИОННОГО РЕДУКТОРА С РАДИАЛЬНЫМИ СФЕРИЧЕСКИМИ ПАЛЬЦАМИ

П. Н. ГРОМЫКО, И. В. ТРУСОВ, П. С. ГОНЧАРОВ, Ю. А. ДЕМЕНТУС
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства существует потребность в малогабаритных редукторах. Немаловажным фактором для их широкого применения являются невысокие требования к точности сборки привода.

Механические приводы, создаваемые на основе известных видов зубчатых и червячных передач, во многих случаях не отвечают вышеуказанным условиям и требуют наличия муфты, ременной передачи либо другого устройства, способного компенсировать погрешности сборки.

Для решения указанных проблем была предложена конструкция редуктора с радиальными сферическими пальцами, разработанного на основе планетарной прецессионной передачи (рис. 1).

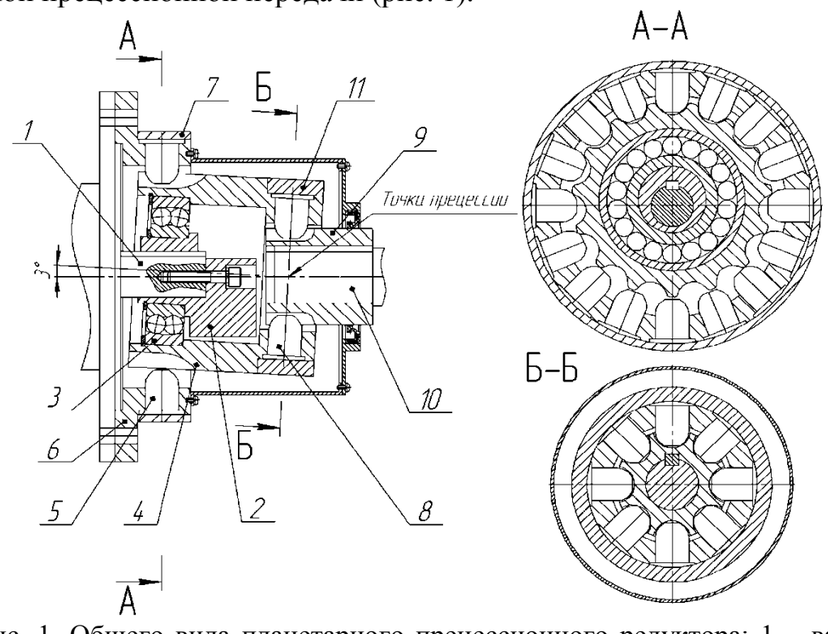


Рис. 1. Общего вида планетарного прецессионного редуктора: 1 – вал электродвигателя; 2 – эксцентриковая втулка с противовесом; 3 – сферический подшипник; 4 – сателлит; 5,8 – сферические пальцы; 6 – корпус; 7,11 – втулки; 9 – втулка зубчатой муфты; 10 – приводной вал

Работает редуктор следующим образом. Вращение от вала электродвигателя 1 передается на косую эксцентриковую втулку 2 с противовесом. Посредством косой эксцентриковой втулки 2 и расположенного на ней сферического подшипника 3 вращательное движение вала электродвигателя преобразуется в колебательное (сферическое) движение сателлита 4. Зубья сателлита 4 взаимодействуют со сферическими пальцами 5, расположенными неподвижно в круговом порядке в отверстиях на внутренней поверхности корпуса 6 и закрепленными от радиального смещения втулкой 7. Благодаря указанному взаимодействию сателлит 4 получает вращение вокруг своей оси, которое передается на вал установки нория посредством угловой зубчатой муфты, реализованной такими же, как и в зацеплении, сферическими пальцами 8, установленными на сателлите 4 в плоскости, содержащей точку прецессии, и расположенными в осевых пазах втулки 9 приводного вала установки 10.

Структурные особенности предложенного прецессионного редуктора позволяют сочетать при ее работе одновременно редуцирующих функций и функций компенсирующей муфты.

К указанным особенностям следует отнести:

– во-первых, в конструкции передачи используется угловая муфта, которая представляет собой сферические пальцы 8, расположенные в круговом порядке на внутренней поверхности сателлита 4, и втулку с цилиндрическими пазами 9, жестко закрепленную на валу установки нория 10. Благодаря угловой муфте происходит снятие вращения с совершающего сферическое движение сателлита 4, а также возможна компенсация неточности расположения выходного вала 10, вызванные погрешностями изготовления, а также контактными и упругими деформациями звеньев;

– во-вторых, использование на кривошипном валу сферического подшипника 3 способствует компенсации взаимных погрешностей между входным и приводным валами 1 и 10, что позволяет расширить поля допусков на некоторые размеры деталей редуктора без ущерба для его функциональных возможностей;

– в-третьих, использование в зубчатом зацеплении таких же сферических пальцев, как и в зубчатой муфте, позволяет унифицировать данную деталь редуктора, повысив его ремонтопригодность.

Указанные выше сочетания функций дают возможность изготавливать прецессионные редуктора на основе деталей с приемлемой для обычного производства точностью, но, в тоже время, имеющих технический уровень, соответствующий уровню лучших мировых аналогов.

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Г. И. СКРЯБИНА, А. Г. СТАРОВОЙТОВ, И. А. ЧЕРКАСОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проблема точного измерения электрической энергии в условиях наличия мощных резкопеременных, несимметричных нагрузок, вызывающих колебания напряжения, несинусоидальность (появлению высших гармоник) и несимметрию в трехфазных системах напряжений и токов относится к числу одной из важнейших в энергетике.

Эти условия приводят к введению дополнительной результирующей погрешности учета электроэнергии:

$$\Delta_{\text{сч}} = \left(\pm \sum_{n=2}^{40} k_U \cdot k_1 - k_{U2} \cdot k_{12} - k_{U0} \cdot k_{10} \right) \cdot 100 \ \%,$$

где $\Delta_{сч}$ – результирующая погрешность измерений, в процентах; $k_U \cdot k_1$ – коэффициенты n-й гармонической составляющей тока и напряжения, отн. ед.; $k_{U2} \cdot k_{12}$– коэффициенты несимметрии по обратной последовательности тока и напряжения, отн. ед.; $k_{U0} \cdot k_{10}$ – коэффициенты несимметрии по нулевой последовательности тока и напряжения, отн. ед.

Острота и актуальность проблем измерения электрической энергии требует их более подробного рассмотрения.

Погрешность индукционного счетчика зависит от нагрузки. Ее величина определяется соотношением вращающего момента и тормозящего момента, пропорционального квадрату действующего значения тока. При сильно искаженных токах магнитный поток, создаваемый чисто синусоидальным напряжением, из-за нелинейности магнитных характеристик магнитопровода содержит высшие гармоники, которые вместе с высшими гармониками тока создают вращающий момент искажающий показания прибора.

После включения нагрузки создаваемый током магнитный поток вызывает дополнительный тормозящий момент. После выключения цепи этот тормозящий момент спадает, что приводит к тому, что замедление до начала следующего включения меньше, чем ускорение при включении. Поэтому при интервалах переключения менее 1 с может возникнуть измерительная погрешность положительного знака.

Электронные средства могут учесть эту дополнительную энергию, если дискретный интервал измерения Δt будет меньше или равен периоду высших гармоник (интервалу переключения). Если же он больше, то электронный

ческими знаниями и технологиями, может сознательно налаживать взаимодействия с окружающими и повысить эффективность профессиональной деятельности. Целенаправленное использование интертипных отношений позволяет интенсифицировать дидактический процесс, усилить мотивацию обучаемых. Соционика также применяется для оценки индивидуально-психологических и личных качеств человека с целью прогноза успешности его профессиональной деятельности.

В педагогической практике находит практическое применение ключевое различие между людьми с разными соционическими типами заключающееся в том, что они, при прочих равных условиях, получают разную информацию об одних и тех же сторонах окружающей объективной действительности. Одни виды информации воспринимаются одними психотипами в наиболее полном и хорошо осознаваемом виде, а другие в гораздо менее осознанном и сжатом. Зная психотип учащегося, педагог сможет подобрать для него наиболее подходящий способ подачи информации. Особое значение эти методики приобретают при индивидуальной работе или работе в малых группах, например с отстающими студентами или, напротив, при подготовке к олимпиадам и соревнованиям. В учебных группах можно применять разделение на малые группы, в соответствии с соционическими типами. В результате достигается значительное улучшение психологического климата в группах, улучшение успеваемости.

Вторым направлением применения соционических знаний в высшей школе является организация работы со студентами в неучебное время. В работе куратора знание соционических психотипов может оказать неоценимую роль при разрешении конфликтов, организации малых групп для выполнения различных работ. Применение типов информационного метаболизма может использоваться при организации студенческой самодеятельности и спортивных тренировок.

Так как характерной чертой соционики является наличие хорошо разработанного теоретического аппарата, этот аппарат может быть использован при решении многих задач. К ним можно отнести подготовку педагогов высшей школы, кураторов, психологов, использование соционики при написании методических указаний.

Ближайшим направлением внедрения соционики предлагается тестирование групп первого и второго курса для определения соционического типа студентов и формирование малых учебных групп.

УДК 621.833.68

ИСТОЧНИКИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ЗУБЧАТОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ И КОМПЕНСАЦИЯ ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЙ

А. М. ДАНЬКОВ, С. А. ДОРОШКОВ, С. В. ИЛЬЮШИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Зубчатая планетарная плавнорегулируемая передача является разновидностью регулируемых механических передач непрерывного действия, в которой передаточное отношение регулируется одновременным изменением условного начального диаметра центрального зубчатого колеса и радиуса водила любым из возможных способов: ручным, автоматизированным или автоматическим. Ее наиболее существенный недостаток – неустранимая погрешность угла поворота сателлита, возникающая при регулировании передаточного отношения. Эта погрешность передается жестко связанному с сателлитом ведущему зубчатому венцу вспомогательной планетарной передачи, обеспечивающей передачу вращения сателлита вокруг собственной оси выходному валу плавнорегулируемой передачи.

Источниками указанной погрешности являются некратность окружного шага секторов центрального зубчатого колеса окружному шагу зубьев и отклонение положения всех зубьев секторов, кроме центрального, от номинального, причем суммарное влияние этих факторов на величину погрешности имеет тенденцию к увеличению по мере изменения передаточного отношения передачи от минимального значения к максимальному. Это увеличение носит не монотонный, а циклический характер, что определяется числом зубьев условного центрального зубчатого колеса. Условным центральным зубчатым колесом планетарной плавнорегулируемой передачи будем называть цельное зубчатое колесо с таким диаметром начальной окружности, что делительные дуги всех зубчатых секторов реального центрального зубчатого колеса являются касательными к ней. Число зубьев z этого колеса определяется по общеизвестной зависимости $z = d / m$ (d – начальный (он же делительный) диаметр; m – модуль зацепления). В соответствии с принципом действия передачи начальный диаметр ее условного центрального зубчатого колеса может принимать любое значение в интервале от минимального до максимального значения, следовательно, и условное число зубьев z может приобретать любое (в том числе и дробное) значение. Периодически условное число зубьев принимает значения, кратные трем, когда зубья секторов в зоне их пересопряжения находятся в наиболее благоприятном расположении. Эта коллизия в случае жестких зубчатых секторов, образующих реальное центральное зубчатое колесо, разрешается в зоне пересопряжения секторов и

циклически (шесть раз за один оборот водила) проявляется в форме локальной погрешности угла поворота сателлита. Влияние отклонения зубьев от номинального положения начинает проявляться сразу же после начала увеличения передаточного отношения и носит дуалистический характер. Это радиальное смещение зубьев и поворот оси симметрии зуба.

Поскольку устранить погрешность угла поворота сателлита не представляется возможным, необходимо нейтрализовать результат ее проявления – повышенную внутреннюю динамику передачи.

Наиболее эффективным решением представляется выполнение передачи с двумя параллельными силовыми потоками, что предполагает выполнение сателлита двухпоточным, т. е. с двумя подвижными друг относительно друга в окружном направлении зубчатыми венцами. В этом случае утилитарный подход к конструкции требует при наличии двух упругоподвижных элементов предусматривать один упругий соединительный элемент. Анализ такой конструкции с учетом перспективы использования ее в приводах с диапазоном регулирования более 3 показывает ее невысокую эффективность, так как один упругий элемент не способен исключить жесткую кинематическую связь обоих зубчатых венцов двухпоточного сателлита с дополнительным зубчатым венцом для съема вращения с сателлита. Поскольку в данном случае речь может идти только о конструкторской компенсации, то объективно существует как минимум три варианта конструкции узла установки сателлита, обладающей необходимой упругостью. Общим для всех трех вариантов будет использование в качестве упругих элементов торсионов – сплошного и трубчатых. Главное их отличие будет определяться видом подшипника (качения или скольжения), посредством которого обеспечивается вращение сателлита вокруг собственной оси на кривошипе переменного радиуса. При установке сателлита на подшипниках качения создается возможность организовать так называемый «узел жесткости», относительно которого будут упруго смещаться зубчатые венцы сателлита, а также его дополнительный венец, предназначенный для съема вращения с сателлита. При этом возможна реализация двух первых вариантов конструкции узла: с нагруженными торсионами, передающими рабочие нагрузки во всем диапазоне их изменения, и с разгруженными торсионами, обеспечивающими только упругие окружные смещения всех зубчатых венцов сателлита друг относительно друга, причем рабочая нагрузка передается посредством жесткой кинематической связи элементов. При установке же сателлита на подшипнике скольжения возможно только обеспечение ограниченной упругой связи зубчатых венцов сателлита с его дополнительным зубчатым венцом.

УДК 621.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ТИПОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МЕТАБОЛИЗМА В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. В. СЕРГИЕНКО, И. Г. ГАЛИНСКАЯ, Т. Л. ШЕБАН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В 1970-х годах литовским экономистом Аушрой Аугустинавичюте была уточнена классификация типов личности К. Юнга и построена расширенная система, содержащая 16 типов информационного метаболизма. В результате был введен термин «Соционика» и описан в работе 1980 г. «О дуальной природе человека».

Соционика – концепция типов личности и взаимоотношений между ними.

Согласно основным положениям соционики сознание человека рассматривается как информационная система, включающая в себя восемь подсистем отражения отдельных аспектов воспринимаемого мира, или функций информационного метаболизма: интуицию, сенсорику (ощущения), логику (мышление) и этику (эмоции) с учетом экстраверсии или интроверсии. На каждом из уровней (сознательном и бессознательном) размещены в порядке степени дифференциации по две пары противоположных или дополнительных функций. При этом в одной паре находятся рациональные функции, а в другой – иррациональные.

По характеру восприятия, переработки и выдачи информации выделяются 16 типов информационного метаболизма в зависимости от комбинации 8 функций.

Характер мышления, потребности, мотивация поведения и само поведение человека (и человеческих сообществ) определяются во многом его типом информационного метаболизма (ТИМом). Каждый ТИМ характеризуется особенностями восприятия тех или иных аспектов окружающего мира, на которые накладываются воспитание и культурный контекст эпохи. Отношения шестнадцати ТИМов как информационных систем характеризуются 16 типами отношений: от полной совместимости и дополнительности до конфликтных отношений.

Шестнадцать ТИМов образуют социон, подразделяющийся на 4 устойчивые по психологическим отношениям четверки ТИМов – квадры. Квадра объединена общим миропониманием, мировоззрением и взаимопониманием партнеров. Квадра разделяется на две диады, в каждую их которых входят дополнительные или дуальные ТИМы.

Соционика используется в образовательном процессе, как инструмент педагога для управления учебным процессом. Педагог, владеющий социони-

где head – имя вершины графа, toN – вес ребра графа, color – цвет ветви метро, name – имя станции. Такое представление схемы метро позволяет легко вносить изменения, не касаясь самого алгоритма, что позволяет получить довольно эластичную систему.

Для обработки событий в программе (клики по кнопкам, переходы между табами, выбор станций) использовался фреймворк Javascript MVC Framework Spine. Даже в небольшой программе фреймворк позволил упростить обработку всех событий и сделать код более читабельным и понятным.

При выборе способа отрисовки карты метро учитывалось, что технология для рисования должна быть хорошо интегрируема с Javascript и легковесной, так же она должна обеспечивать хорошее качество изображения на любых устройствах. В итоге выбор пал на язык разметки SVG(Scalable Vector Graphics). SVG позволяет помечать элементы идентификаторами, то есть имеется возможность обращаться из Javascript-кода непосредственно к определенному элементу для изменения его стиля или обработки события, например, нажатия на кнопки. Также имеется достаточно специальных приложений, позволяющих легко создавать SVG изображения. Для обращения к файлам SVG отображения использовались Ajax-запросы, позволяющие получать информацию из различных источников и немедленно использовать ее для отображения.

В программе активно применяются элементы UI (пользовательского интерфейса). Для их реализации использован фреймворк Foundation Framework, уже включающий в себя определённые стили элементов и позволяющий легко создавать интерфейс приложения. Использование этого фреймворка позволяет добавить возможность сенсорного управления программой при её дальнейшем развитии.

Актуальность разработки заключается в востребованности пассажирами метро консультации о том, как следует добраться до нужной станции метро, особенно с удаленных веток. Также в удобстве использования через сеть Интернет как приложения, возможности использования на мобильных устройствах.

Новизна разработки заключается в использовании языка Coffee script с объектами типа Map. Было проведено исследование версий языков-надстроек над JavaScript и отмечены улучшенные функциональные возможности нового языка Coffee script, в частности, для реализации алгоритмов поиска пути.

УДК 621.833.68

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

А. М. ДАНЬКОВ, С. А. ДОРОШКОВ, С. В. ИЛЬЮШИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Класс плавнорегулируемых механических передач (исключая дифференциальные) в настоящее время представлен реализованными фрикционными (клиноцепными, клиноременными и тороидальными) передачами, а также нереализованными зубчатыми, в числе которых наиболее перспективными представляются передачи с составными полисекторными зубчатыми колесами (в частности, планетарная плавнорегулируемая передача). Плавнорегулируемая механическая передача кроме элементов, обеспечивающих ее работоспособность, должна иметь систему управления передаточным отношением, отдельные элементы которой неизбежно должны стать элементами конструкции передачи. Так в планетарной плавнорегулируемой передаче в режиме функционирования с постоянным передаточным отношением сателлит и зубчатые сектора центрального зубчатого колеса должны фиксироваться в определенном положении элементами системы управления, воспринимающими силы в зацеплении. Система управления передаточным отношением передачи может быть гидравлической и механической. Абстрагируясь от области применения планетарной плавнорегулируемой передачи, накладывающей специфические требования на конструкцию передачи и ее элементов, рассмотрим общие принципы построения одной из модификаций системы управления ее передаточным отношением планетарной плавнорегулируемой передаче – механической.

Главной особенностью системы управления зубчатой планетарной плавнорегулируемой передачей является необходимость сообщать управляющее воздействие и перемещение как не совершающим вращательного движения, так и вращающимся элементам передачи. Не вращающимися являются сектора центрального зубчатого колеса, а вращающимся – сателлит. Причем оба эти элемента в процессе регулирования передаточного отношения перемещаются поступательно в радиальном направлении. Источник управляющего воздействия пространственно удален от каждого из управляемых элементов, поэтому для передачи указанного воздействия управляемым элементам нужен механизм с разветвляющейся (на каждый управляемый элемент) кинематической цепью. Наиболее компактными являются механизмы для передачи вращательного движения. Следовательно, сообщать регулирующие перемещения секторам и сателлиту необходимо через зубчато-реечные механизмы, преобразующие вращательное движение в поступа-

тельное. Так как сателлит в работающей передаче совершает вращательное движение вместе с водилом со скоростью ведущего вала, сообщать ему регулирующее перемещение необходимо через дифференциальный механизм, суммирующий вращения ведущего вала и управляющего воздействия.

Этот механизм включает две вспомогательных планетарных передачи: замыкающую и управляющую. Обе передачи имеют общее водило, свободно вращающееся на ведущем валу, на котором установлены идентичные сателлиты, причем один из сателлитов имеет независимое от другого вращение относительно собственной оси. Центральное зубчатое колесо с внешними зубьями замыкающей передачи закреплено на ведущем валу, а имеющее такое же число зубьев центральное зубчатое колесо управляющей передачи свободно вращается на ведущем валу и жестко связано с соосным управляющим зубчатым колесом, находящемся в зацеплении с закрепленной на ползуне сателлита зубчатой рейкой. Центральные зубчатые колеса с внутренними зубьями (эпициклы) этих передач имеют одинаковое число зубьев, при этом зубчатое колесо замыкающей передачи неподвижно закреплено на корпусе передачи, а зубчатое колесо управляющей передачи может вращаться вокруг собственной оси. Замыкающая вспомогательная планетарная передача определяет закон вращения водила, общего для замыкающей и управляющей планетарных передач, поэтому поворотом эпицикла управляющей передачи может быть сообщено дополнительное управляющее вращение управляющему зубчатому колесу. Таким образом, управляющая вспомогательная планетарная передача исполняет роль вышеупомянутого дифференциала, а ее эпицикл является источником управляющего воздействия и точкой разветвления кинематической цепи механизма управления передаточным отношением планетарной плавнорегулируемой передачи. В результате сформирована ветвь кинематической цепи механизма управления, обеспечивающая регулирующие перемещения сателлита. Эпицикл управляющей передачи должен быть источником управляющего воздействия и для ветви кинематической цепи механизма управления, обеспечивающей согласованные перемещения секторов центрального зубчатого колеса плавнорегулируемой передачи. По компоновочным соображениям целесообразно эпицикл управляющей передачи соединить со вторым управляющим зубчатым колесом, находящимся в зацеплении с зубчатыми рейками, закрепленными на секторах центрального зубчатого колеса плавнорегулируемой передачи, передачей с внешними зубьями.

Описанная кинематическая схема механизма управления обеспечивает синхронность перемещений находящихся в зацеплении зубчатых секторов и сателлита. Одинаковая величина линейных перемещений сателлита и секторов центрального зубчатого колеса строго обеспечивается соотношением зубьев зубчатых колес, образующих механизм управления.

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ INTERNET-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ПОИСКА ПУТИ В МЕТРО

В. М. ПРУДНИКОВ, Д. А. ШИБЕКО, Н. В. ВЫГОВСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время города очень быстро растут, развиваются и ветки метро. Их становится всё больше и бывает трудно быстро решить, как удобнее добраться до требуемого места. С другой стороны современные технологии позволяют легко получить всю необходимую информацию из сети интернет. Веб-приложения являются универсальными, так как с ними можно работать на любых устройствах, имеющих доступ к сети. Поэтому была выбрана идея создания приложения поиска минимального пути в метро, а в качестве средств реализации использовались веб-совместимые технологии, такие как SVG, Coffeescript (JavaScript), CSS\HTML, AJAX.

В языке Javascript есть как хорошие части (Good parts) так и плохие части (Badparts). Программисту по умолчанию доступны обе части языка и по неопытности он может использовать плохие части языка. Для того, чтобы ограничить возможность использования "плохих частей" Javascript создано много языков-надстроек над Javascript (Typescript, Coffescript).

Для разработки программы применялся язык Coffescript. Coffescript даёт большие возможности для описание предметных областей, использование объектов типа Map упрощает их описание. Этот язык компилируется в Javascript, поэтому для его использования нужны дополнительное средство – компилятор языка. После установки компилятора создаётся файл с расширением *.coffee, пишется код на Coffescript, который затем и компилируется в файл *.js.

Существует множество методов нахождения минимального пути, которые проверены временем и показывают хорошую производительность.

Мы воспользовались известным алгоритмом Дейкстры. Так как язык Coffee script является функциональным, то реализация подобных алгоритмов на нём является не сложной задачей.

Схему метро можно легко представить в виде взвешенного графа, где вершины графа будут представлять собой станции, а ребра – расстояния между станциями. Такой граф на языке Coffee script можно представить следующим образом:

```
graph = [
{ head : 1, to2 :7, to21 : 2, to20 : 10, color : ['green', 'orange'], name : 'Приморская'},
{ head : 2, to1 : 7, to26 : 1, to3 : 5, color: ['green', 'red'], name : 'Стараядеревня' },
{ head : 3, to2 : 5, to4 : 5, color: 'green', name : 'Озерки' }
... ].
```

мулировать требования к АСОИ. Как правило, эти требования выражаются в виде замечаний к макетным образцам.

На второй итерации начинается формирование единой АСОИ с учетом замечаний заказчика по первой итерации. На данной стадии привлекается 4–5 студентов, которые сумели на первой стадии приобрести достаточную квалификацию, для продолжения работы на платной основе. На этой стадии уже привлекаются и квалифицированные специалисты со стажем работы в области разработки АСОИ.

На третьей итерации обеспечивается ожидаемый уровень функционирования АСОИ.

Такой подход был использован при выполнении хоздоговорной работы «Разработка АСОИ для ЗАО «Могилевский вагоностроительный завод». В первой итерации участвовало 18 студентов, которые выполнили 18 курсовых и 12 дипломных проектов по конкретным материалам заказчика. На второй и третьей итерации участвовало 5 студентов, которые были включены в состав ВНК и получили денежное вознаграждение за свою работу.

Особенно необходимо отметить, что трое студентов из этой группы были распределены на ЗАО «Могилевский вагоностроительный завод». На производство пришли специалисты, которые с первого дня работы смогли обеспечить функционирования АСОИ и расширение функциональных возможностей.

Такой подход, в соответствии с требованием образовательных стандартов, позволяет существенно улучшить умение студентов к разработке программных комплексов.

УДК 621.83

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА БРУСЬЕВ ПРИ СЛОЖНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ

Е. Г. КРИВОНОГОВА, С. В. ГОНОРОВА, В. А. КЕМОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Сложное сопротивление – вид нагружения, который предполагает наличие в поперечных сечениях бруса нескольких внутренних силовых факторов. В сопротивлении материалов (механике материалов) расчет внутренних силовых факторов и действующих напряжений производиться на основании принципа независимости действия сил. Для проверки прочности определяют опасные точки поперечного сечения. Эти точки могут находиться как в простом, так и в сложном напряженном состоянии и для них необходимо знать величину и направление главных напряжений. Экспериментальное определение главных напряжений также связано с рядом особенностей. Это касается случаев, когда для опасных точек, находящихся в сложном напряженном состоянии, заведомо неизвестно направление главных напряжений и поэтому определить деформации достаточно затруднительно.

В таком случае для определения главных напряжений можно использовать метод конечных элементов. Данный метод наиболее эффективен среди других численных методов и реализован в ряде компьютерных программ, которые позволяют, используя расчетную модель бруса, выполнить исследование возникающих напряжений, перемещений и деформаций.

Таким образом, для определения главных напряжений при таких видах сложного сопротивления, как: косой изгиб, совместное действие изгиба и кручении, внецентренное растяжение-сжатие можно использовать CAE-системы. Которые позволяют оценить прочность в начале разрушения, в момент достижения предельного состояния в локальном объеме.

Рассмотрим пример определения напряжений при совместном действии изгиба и кручения. Используя программный продукт SolidWorks Simulation, выполняем расчет коленчатого вала, нагруженного силой P, равной 16 кН (рис. 1).

В качестве критерия оценки прочности выбираем критерий максимальных эквивалентных напряжений (критерий Мизеса), так как он применяется при расчете на прочность деталей изготовленных из пластичных материалов.

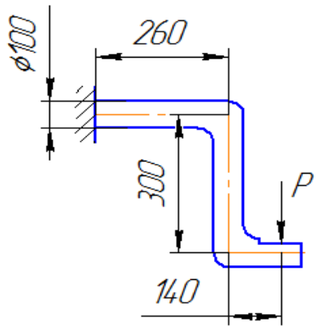


Рис. 1. Расчетная схема коленчатого вала

Задав необходимые граничные условия и выполнив расчет получаем $\sigma_{ЭКВ} = 75{,}3 МПа$ (рис. 2).

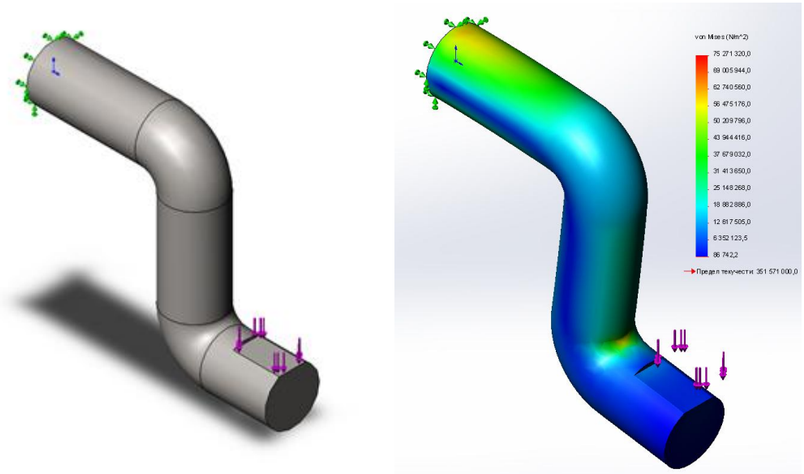


Рис. 2. Граничные условия и результаты расчета

Используя известные формулы сопротивления материалов, а именно IV теорию прочности (наибольшей удельной потенциальной энергии формоизменения), и проведя соответствующие расчеты получим:

$$\sigma_{ЭКВ} = \frac{M_{ЭКВ}^{IV}}{W},$$

где $M_{ЭКВ}$ – эквивалентный момент, кНм; W – осевой момент сопротивления, см^3

$$\sigma_{ЭКВ} = \frac{7{,}63 \cdot 10^3}{98{,}2 \cdot 10^{-6}} = 77{,}7 МПа.$$

Процент расхождения значений, полученных теоретическим методом и, методом конечных элементов составил 3,1 %. Следовательно, для применения указанного метода в расчете на прочность деталей такого типа необходимо ввести поправочный коэффициент k, который составляет 1,03.

УДК 624.35

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

С. К. КРУТОЛЕВИЧ, Н. М. ЩЕРБО, Е. А. ЗАЙЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Процесс разработки автоматизированных систем обработки информации (АСОИ) представляет собой частично упорядоченный набор шагов, которые нужно проделать для достижения цели. При разработке АСОИ цель состоит в удовлетворении требований заказчика к функциональным возможностям программного изделия. Функциональные возможности программного обеспечения формируются заказчиком в виде набора требований.

Процесс разработки АСОИ содержит следующие основные стадии:

– деловое моделирование или определение требований заказчиков к АСОИ;

– проектирование программного изделия;

– испытание и развертывание АСОИ у заказчика.

Такой подход требует участия на каждой стадии высоко квалифицированных исполнителей, так как ошибки на каждой стадии приводят к срыву сроков внедрения АСОИ. Особенно трудно использовать студентов для разработки. Обычно количество часов работы на проверку и тестирование программного обеспечения, разработанного студентами, превышает трудоемкость разработки программного обеспечения специалистом.

На кафедре «Автоматизированные системы управления» используется итерационный процесс. Итерационный подход позволяет разбить процесс разработки АСОИ на три или четыре этапа. В течении каждого этапа выполняются все стадии разработки АСОИ.

Итерационный подход позволяет улучшить понимание проблемы через последовательные усовершенствования с приращением функциональных возможностей. Такой подход обеспечивает большую гибкость при учете новых требований заказчика или тактических изменений в деловых целях, и позволяет проекту заранее идентифицировать риски изменения требований заказчика в ходе разработки АСОИ.

На первой итерации создаются группы по 2–3 студента, которые формируют требования заказчиков по каждому бизнес-процессу. Затем в рамках курсового и дипломного проектирования разрабатывается программное обеспечение, для реализации бизнес-процесса. Эти разработки являются локальными и содержат значительное количество неточностей и ошибок. Однако, эти макетные образцы позволяют заказчику гораздо подробнее сфор-

– определения количества и квалификации основных производственных рабочих.

В рамках управления производством реализована функция учета нормативных расходов материалов при производстве и анализ отклонений от норм. Нормы потребления материалов и плановые отходы закладываются в технологический процесс производства.

Все изменения в технологический процесс вносятся документом «Акт модификации технологического процесса». Возможности подсистемы могут использоваться главным инженером и сотрудниками, работающими в отделах главного конструктора и главного технолога.

Планирование производства. Подсистема предназначена для среднесрочного и долгосрочного планирования производства и потребности в ресурсах, а также для проведения план-факторного анализа исполнения планов производства. При планировании производства обеспечивается возможность учета многих параметров, контроля исполнимости и отслеживания выполнения плана на различных этапах в нескольких разрезах одновременно: по подразделениям; по выпускаемой продукции.

На основе сформированных в подсистеме «Управление продажами» планов продаж осуществляется формирование предполагаемых объемов производства в разрезе номенклатурных групп (и, при необходимости, отдельных позиций номенклатуры). Осуществляется формирование заданий на производство, контроль их исполнения и оценка отставания производства.

Планирование потребности в ресурсах. Возможно формирование таблиц потребности металлов, и других видов номенклатуры с учетом их наличия на складах и в незавершенном производстве.

Посменное планирование производства. Подсистема предназначена для планирования производства в краткосрочном периоде в разрезе отдельных позиций ТМЦ, а также для проведения анализа исполнения планов производства производственно-диспетчерским отделом. В данной подсистеме формируется детальный посменный график производства и потребления по производственным участкам, проводится оценка его исполнимости с учетом запланированной загрузки ресурсов:

– планирование с учетом загруженности оборудования по производственным участкам и наличия материалов в незавершенном производстве и на складе;

– формирование номенклатурного плана графика производства по участкам;

– формирование графика загрузки производственных мощностей и потребности производства в сырье и комплектующих;

– формирование графика финальной сборки с уточнением сроков производства.

УДК 621.83.06

ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ С ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ФОРМОЙ БЕГОВЫХ ДОРОЖЕК

М. Е. ЛУСТЕНКОВ, И. И. МАКОВЕЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Передачи с промежуточными телами качения (ППТК), разрабатываемые в университете, состоят из цилиндрических кулачков с периодическими беговыми дорожками на их поверхностях. Беговые дорожки могут описываться различными уравнениями, наиболее часто применяются уравнения синусоид. С целью повышения КПД передач путем замены скольжения в контактах роликов с кулачками на качение были получены параметрические уравнения циклоидальных кривых, расположенных на цилиндрической поверхности.

Исходными данными являются радиус тела качения r_s и число периодов многопериодной беговой дорожки Z_3. С радиусом R окружности, образующей цилиндрической поверхности, эти параметры связаны зависимостью: $4 \cdot \pi \cdot r_s \cdot Z_3 = 2 \cdot \pi \cdot R$, откуда $R = 2 \cdot r_s \cdot Z_3$. Параметрические уравнения циклоидальных кривых на плоскости в системе координат sOz(уравнения плоской развертки кривых):

$$s_j(\varphi) = \frac{R}{2 \cdot Z_j} \cdot \left(\varphi - \sin(\varphi)\right); \quad (1)$$

$$z_j(\varphi) = r_s \cdot \left(1 - \cos(\varphi)\right) \cdot \sin(0{,}5 \cdot \varphi) / \left|\sin(0{,}5 \cdot \varphi)\right|, \quad (2)$$

где φ – параметр, изменяемый от 0 до $4 \cdot \pi \cdot Z_3$; j – индекс, обозначающий принадлежность беговой дорожки внутреннему (j=1) либо наружному (j=3) кулачку ППТК.

Для компьютерного моделирования передачи в системе Siemens NX и последующего изготовления беговых дорожек на обрабатывающих центрах с ЧПУ необходимо получить массив, содержащий координаты точек кривых $\{x, y, z\}$. Алгоритм решения данной задачи был следующий. Задавался ряд значений s на интервале от 0 до $2 \cdot \pi \cdot R$ с определенным шагом. Из трансцендентного уравнения (1) с помощью программы MathCAD в численном виде определялось значение φ, соответствующее значению s. Из уравнения (2) вычислялась координата z, а две другие соответствующие координаты определялись по известным формулам: $x = R \cdot \cos(\varphi)$ и $y = R \cdot \sin(\varphi)$. Для некоторых типов обрабатывающих центров для изготовления беговых дорожек необходимо представить координаты в функциональной зависимости: $z(\varphi')$, где $\varphi' = s / R$.

УДК 621.785.532

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО БОРИРОВАНИЯ НА УСТАЛОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ 25ХГТ

М. Н. ПИЩОВ, С. Е. БЕЛЬСКИЙ, Ф. Ф. ЦАРУК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Лесная промышленность Республики Беларусь представлена лесными и лесопромышленными предприятиями, которые оснащены различной техникой: агрегатными лесосечными машинами, трелевочными тракторами, лесовозными автопоездами и другим оборудованием. Условия эксплуатации ряда сложно нагруженных деталей машин характеризуются значительным трением, интенсивным износом на их рабочих поверхностях, а также вибрациями широкого амплитудно-частотного диапазона. Работа трелевочного трактора постоянно сопровождается наездами на препятствия разного рода: пни, валежник, неровности, валуны, и т. д. Нагрузки на трансмиссию также создаются при трогания с места и при трелевке пачки деревьев. Доказано, что динамические крутящие моменты в трансмиссии колесного трактора имеют наибольшее значение при интенсивном трогании с места.

Для повышения надежности и срока службы подобных изделий возникает необходимость применения различных способов поверхностного упрочнения. Одним из наиболее простых и доступных способов повышения поверхностной твердости, а также износостойкости деталей является их диффузионное упрочнение, которое проводится следующим образом. Деталь помещается в контейнер, выполненный из жаростойкой стали. На зубья шестерни наносится специально приготовленная обмазка на расстоянии 2 см от поверхности контейнера с каждой стороны, далее контейнер вместе с шестерней помещаются в нагревательную печь на 3–4 часа для образования необходимой толщины диффузионного слоя. Упрочнению подвергались только зубья шестерни.

Для осуществления низкочастотного и высокочастотного нагружения был разработан, а позднее модернизирован комплекс магнитострикционных резонансных установок, позволяющий проводить испытания различных конструкционных материалов (как металлических, так и неметаллических) на больших базах испытаний в широком диапазоне частот (0,3–18 кГц) и температур (300–1000 °К). Учитывая специфику исследований и особенно резонансный режим нагружения, с целью уменьшения разброса результатов экспериментов особое внимание обращалось на качество и механические свойства материала заготовок. С целью исключения влияния разброса химического состава на результаты испытаний, образцы вырезались из металла од-

УДК 624.35

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С. К. КРУТОЛЕВИЧ, К. В. ЗАХАРЧЕНКОВ, Т. В. МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На кафедре «Автоматизированные системы управления» ведутся работы по разработке автоматизированных систем обработки информации для машиностроительных предприятий. Основное внимание уделяется процессам управления промышленным производством.

Одним из наиболее результативных способов снижения издержек в производстве является построение и оптимизация плана производства продукции. Это позволяет предприятию снизить уровень простоя оборудования и высококвалифицированных специалистов, сократить сроки выполнения заказов, избежать срывов плана продаж по причине перегрузки производственных ресурсов, оптимизировать движения материалов и складские остатки, сделать процесс производства прозрачным и управляемым.

Подсистема управления производством предназначена для планирования производственных процессов и материальных потоков в производстве, отражения процессов производственной деятельности предприятия и построения нормативной системы управления производством. Она включает следующие подсистемы

Управление данными об изделиях. Данная подсистема позволяет нормировать состав продукции, контролировать списание материалов в производстве на месте их возникновения, планировать себестоимость продукции, анализировать расхождения между плановой и фактической себестоимостью и выявлять их причины.

Задание спецификации норм расхода деталей и узлов позволяет определить материалы и трудоемкость собственного производства и управлять закупками ТМЦ.

Технологический процесс можно представить в виде набора последовательностей операций. Такой набор задает маршрутную карту изготовления продукции. Каждая операция может быть охарактеризована своим набором материальных потребностей на входе и набором изделий на выходе. Задание технологического процесса производства деталей и узлов позволяет планировать цепочку производства многооперационной продукции, на каждом этапе оценивая ее выполнимость с учетом:

– загрузки оборудования на производственных участках;

– наличия необходимых для производства ресурсов и материалов;

Для каждого из этапов выполнен свой набор готовых шаблонов прототипов в различных программах моделирования, критерии для верификации, методики пошаговой реализации, критерии оптимизации. Все этапы взаимосвязаны и предполагают существующие конструкции и характеристики параметров, а также возможность изменения в зависимости от целей разработки; существующий инструментарий разработки позволяет решать исследовательские и оптимизационные задачи.

Реализация магнитной системы ВИД выполнялась в программах *ELCUT* и *FEMM*, позволяющих рассчитывать параметры и топологию магнитного поля с учетом насыщения стали магнитопровода. Расчеты распределения магнитного поля всех программ основаны на методе конечных элементов исходных дифференциальных уравнений поля, решаемых итерационным методом Ньютона-Рафсона. Следует отметить возможность автоматизации процедур расчета, визуализации, выбора эффективных параметров с помощью программирования на языке *Femmluaconsole*.

Реализация электрической системы выполняется в пакете визуального программирования *Simlink*. Данный способ моделирования позволяет эффективно организовать процесс исследования ВИД, исключив из него этап формирования системы дифференциальных уравнений в виде задачи Коши и написание процедур численного интегрирования. Подходы блочного моделирования позволяют легко изменять структуру ВИД (особенно схемы полупроводниковых преобразователей) без "переписывания" исходной системы дифференциальных уравнений.

В работе авторы выполнили сравнение различных методов расчета с целью их дополнения и объединения в некоторых пунктах. Выполнен аналитический расчет конструкции и характеристик тягового ВИД мощностью 75 кВт (ВИД-75).

В рамках данной работы были проанализированы и дополнены методики расчета геометрических параметров ВИД. Полученные результаты позволяют выполнять расчет и исследовать характеристики индукторной машины при различных ее конфигурациях и числе фаз. Для реализации модели необходима информация об архитектуре двигателя, включающая число фаз, внешний диаметр статора, число полюсов статора и число полюсов ротора. Созданы модели ВИД, позволяющие исследовать его характеристики при любой конфигурации фазных обмоток и коммутации токов в них. Полученная модель учитывает взаимодействие магнитных потоков, сцепленных с фазами машины и насыщение стали магнитопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузнецов, В. А.** Вентильно-индукторные двигатели / В. А. Кузнецов, В. А. Кузмичёв. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 70 с.

2. **Фисенко, В. Г.** Проектирование вентильных индукторных двигателей / В. Г. Фисенко., А. Н. Попов. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 56 с.

ной поставки. Технология механической обработки предусматривала на заключительной стадии съем минимальной толщины слоя с целью предотвращения влияния технологической наследственности, а термообработка образцов проводилась одной партией.

Для ускоренного определения усталостных характеристик упрочненных образцов как в условиях знакопеременного изгиба, так и при растяжении-сжатии использовалась магнитострикционная установка (резонансная частота 18,0 кГц). Исследования проводились для разного времени и температур насыщения, что соответствует формированию в диффузионных слоях разных уровней остаточных напряжений сжатия.

Результаты испытаний позволили установить повышение предела выносливости σ_{-1}боросилицированных образцов по сравнению с улучшенными и закаленными ТВЧ в 1,4–1,9 раза, по сравнению с цементированными в 1,6–1,7 раза и по сравнению с борированными в 1,4–1,6 раза при меньшем разбросе долговечности благодаря более однородной структуре упрочненного слоя. Повышение усталостных характеристик при боросилицировании связано в основном с образованием в упрочненном слое остаточных напряжений сжатия, которые замедляют образование усталостной трещины. Снижение усталостных характеристик при борировании, отмечаемое при увеличении времени и температуры насыщения, связано с высокой хрупкостью упрочненного данным методом диффузионного слоя.

На основании полученных результатов по усталостной прочности упрочненной поверхности были определены допускаемые контактные напряжения и допускаемые напряжения при изгибе при боросилицировании зубчатых колес, которые увеличиваются по сравнению с цементированными соответственно в 1,45 и 1,4 раза и достаточны для работы конических передач трансмиссий трелевочного трактора. Полученные значения допускаемых напряжений могут использоваться при проектных и проверочных расчетах зубчатых колес.

На основании полученных данных установлено, что оптимальным для повышения усталостных характеристик является время насыщения 2,5–3,5 часа при температуре процесса 900–1000 ºС. При этом образуется упрочненный слой толщиной от 120 до 250 мкм достаточной для работы зубчатых передач трансмиссий в условиях интенсивного изнашивания и динамических нагрузок. Повышение времени обработки свыше 3,0 часов приводит к постепенному снижению величины $N_ц$ вследствие коагуляции Fe_2B, а также образования в поверхностном слое фазы FeB, обладающей повышенной хрупкостью.

УДК 621.83.06

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЧНОСТИ КУЛАЧКОВ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

А. П. ПРУДНИКОВ, Д. М. МАКАРЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Основным видом проверки на прочность для торцовых многопериодных кулачков передач с промежуточными телами качения (ППТК) является расчет на прочность по контактным напряжениям и напряжениям изгиба для выступов, образующих синусоидальный торцовый профиль кулачков. Указанные напряжения возникают под действием сил со стороны промежуточного тела качения, в качестве которого применяется составной ролик.

В условиях среднесерийного производства кулачки изготавливаются на станках с ЧПУ, однако исходя из того, что одной из сфер применения данных передач является создание ручного инструмента, иногда целесообразно изготавливать кулачки на универсальном оборудовании методом копирования. Выступы кулачков, полученные обоими методами, имеют схожую геометрию и отличаются максимально возможным расстоянием от опасного сечения до точки приложения силы и размерами опасного сечения.

Необходимо было оценить возможность использования полученных ранее теоретических зависимостей, позволяющих находить контактные напряжения в зоне взаимодействия ролика с выступом и напряжения изгиба в опасном сечении, для проверки на прочность торцовых многопериодных кулачков ППТК.

Для решения указанной задачи был применен метод конечных элементов, посредством которого проведено исследование напряженно-деформированного состояния выступов торцовых многопериодных кулачков. Рассматривалась ППТК со следующими параметрами: максимальный наружный диаметр 80 мм, передаточное отношение, равное 5, крутящий момент на ведомом валу 100 Н·м, материал кулачков – сталь 40Х.

Расхождение между значениями контактных напряжений и напряжений изгиба, полученными с использованием метода конечных элементов и по теоретическим зависимостям не превысило 5 %, что подтверждает адекватность теоретических зависимостей и возможность их применения для решения задач проверки на прочность торцовых многопериодных кулачков ППТК, изготовленных как на станках с ЧПУ, так и методом копирования на универсальном оборудовании.

УДК 621.313.333

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Т. С. КОРОЛЁНОК, В. Н. ГАЛУШКО, В.С. МОГИЛА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Применяемые вентильно-индукторные двигатели (ВИД) на транспортных средствах отличаются высокой надежностью, простотой конструкции, повышенным КПД и массогабаритными показателями, технологичностью изготовления, более низкой стоимостью в серийном производстве [1, 2]. С целью повышения надежности и КПД ВИД предлагается использовать математическое моделирование механической, магнитной, электрической систем, выполнять тепловой расчет проектируемых электрических машин, апробируя полученные результаты с исследуемыми характеристиками действующих ВИД.

Процесс моделирования характеристик ВИД, конструкции, применяемых материалов, значений напряжения и токов фаз и получения предполагаемых результатов можно представить схемой на рис. 1.

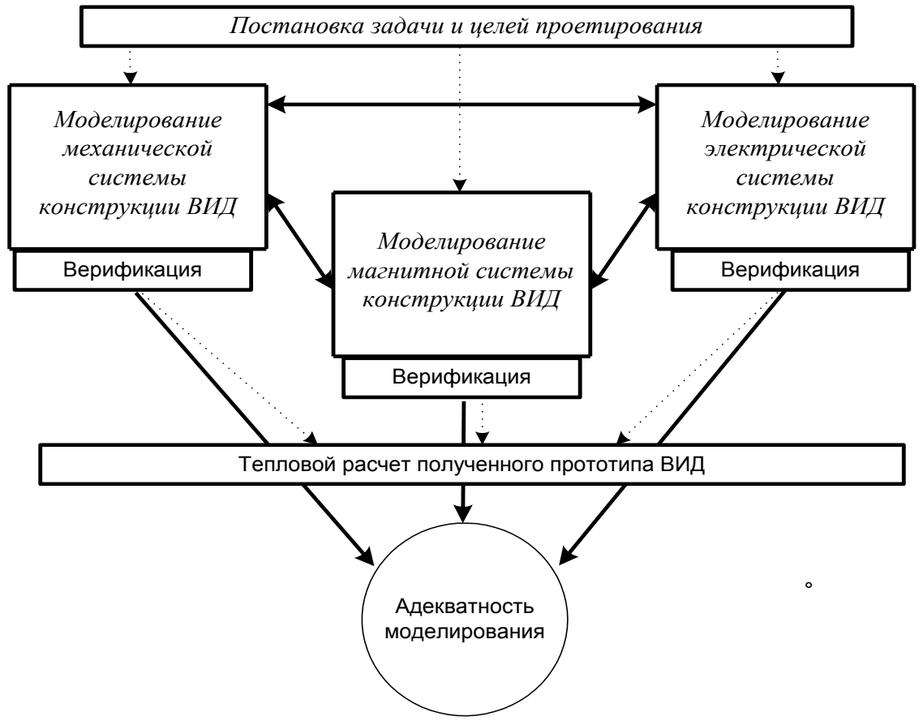


Рис. 1. Этапы разработки ВИД

Применение программных пакетов электрического моделирования (*Multisim, OrCad, Simulink*) всех элементов систем электроснабжения по отдельности и в комплексе с целью проверки существующих результатов энергопотребления и прогнозирования изменения электропотребления. Применениепрограмм электрического моделирования позволяет экономить время на аналитических расчетах, создавать библиотеки баз данных, программировать отказы элементов, использовать реальные и виртуальные элементы с заданными характеристиками, применять большое число виртуальных приборов, часто недоступных на практике (цифровой запоминающий осциллограф, плоттер Боде, частотомер, логический анализатор, измеритель нелинейных искажений, приборы Lab VIEW), возможность объединения в пакет различных анализов или образцов одного и того же анализа для последовательного выполнения и т. д.

По результатам моделирования электрических систем цехов и целых предприятий создана библиотека шаблонов, с помощью которой исследователю не требуется заново создавать рабочий прототип, а лишь составить свою схему. На данном этапе проводились приборные эксперименты по анализу влияния различных факторов (отклонения напряжения и частоты) на электропотребление (активная и реактивная мощности, гармонический состав тока и т. д.) для используемого и нового оборудования, рекомендованного при проведении энергоаудита на предприятиях машиностроения. Этап приборных экспериментов включает подбор соответствующего оборудования и методик испытаний. В перечень средств измерений входят: анализаторы качества электроэнергии, люксметры и другие приборы.

Основная задача применяемого статистического анализа – создание эффективного инструментария оценки параметров надежности и электропотребления отдельных объектов и сложных технических систем. За основу приняты такие программы, как MS Excel, Statgraphics, Statistica, SPSS. Его применение основано на использовании корреляционного, регрессионного, конфлюэнтного, дисперсионного, факторного анализов и теории фильтрации.

На основании полученных результатов создана программа математического расчета параметров надежности и электропотребления с учетом условий эксплуатации оборудования с простым, интуитивно понятным интерфейсом; приложение для смартфонов позволяет непрерывно пополнять библиотеку базы данных редактором в зависимости от результатов опыта эксплуатации нового оборудования пользователями.

Результаты исследования позволят: прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; оценить степень опасности и установить “узкие места” электрических систем; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования.

УДК 621.833.389

ГЕОМЕТРИЯ ДВУХВЕНЦОВЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Н. И. РОГАЧЕВСКИЙ, М. Э. ПОДЫМАКО, С. Н. РОГАЧЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РУП завод «МОГИЛЕВЛИФТМАШ»
МОГИЛЕВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ
Могилёв, Беларусь

В зацеплениях звеньев традиционных червячных передач подавляющее большинство контактных линий расположено так, что среднее (по длине контактной линии) значение угла γ между касательной к контактной линии и вектором относительной скорости скольжения мало (до 40°), что нарушает условие перехода к жидкостному трению [1, 2]. Это обуславливает относительно большое значение коэффициента трения в передаче, приводит к уменьшению КПД, повышению износа, к заеданию, т. е. снижает эксплуатационные качества этих передач, а, следовательно – их нагрузочную способность. Таким образом, чем больше зона расположения контактных линий с относительно большими значениями угла γ, тем ближе условия работы передачи к режиму жидкостного трения, и, следовательно – к более высоким значениям КПД.

Основным из путей, приводящим к увеличению значения угла γ является модификация обычных червячных зацеплений. Известна червячная цилиндрическая передача, состоящая из обычного червяка и сопряженного с ним червячного колеса с вырезанной средней зоной зубчатого венца [1]. При этом проточкой удаляют зону неблагоприятных углов γ, где скольжение происходит вдоль контактных линий, что способствует улучшению эксплуатационных параметров червячной передачи. Однако это улучшение несущественно, т. к. выполнение проточки значительно сокращает длину контактных линий и уменьшает контактную и изгибную прочность зубьев червячного колеса [2].

Известна так же червячная цилиндрическая передача, колесо которой выполнено полувенцовым с наибольшим диаметром, составляющим 1,8...2,0 межосевого расстояния передачи, что позволило включить в работу участок линий контакта с углом γ, близким к 90° [2].

С целью расширения участка с благоприятным углом γ, близким к 90°, создана червячная передача, в которой размер наибольшего диаметра колеса выходит за пределы межосевого расстояния передачи [3]. Последнее стало возможным благодаря уменьшению рабочей длины b_1 червяка. При этом колесо выполнено двухвенцовым. В одновременной работе находится большое число зубьев, в результате чего повысилась, наряду с КПД, нагрузочная спо-

собность передачи, что позволило выполнить колесо цельным из чугуна вместо составного с дорогостоящим бронзовым зубчатым венцом.

С целью дальнейшего повышения нагрузочной способности разработана двухпоточная червячная передача, в которой оба торца диска червячного колеса снабжены зубчатыми венцами, сопряженными с соответствующими червяками, кинематически связанными зубчатой передачей. При этом зубчатые венцы колеса, червяки, углы обхвата червяков зубчатыми венцами колеса симметричны относительно главной плоскости передачи [4].

Приближение к режиму жидкостного трения в модифицированных зацеплениях позволило значительно снизить энергетические потери, что является весьма актуальным. Однако проектирование модифицированных червячных передач сдерживается отсутствием в литературе методики расчета их геометрических параметров. Устранению этого пробела посвящена настоящая работа.

Геометрические параметры ведущего звена (червяка всех видов – эвольвентного, архимедова, конволютного) следует выбирать и вычислять по формулам ГОСТ 19036–94, 2144–93, 19650–74, за исключением $b_1 \le 2 \cdot \pi \cdot m$, где m – осевой модуль червяка. Только один параметр ведомого звена (червячного колеса) – делительный диаметр – определяют по ГОСТ 19650–74, остальные – по установленным нами зависимостям, исходя из наибольших величин угла обхвата червяка колесом и ширины венца, а также – из условий не заострения вершин и торцов зубьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Решетов, Д. Н.** Детали машин / Д. Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.
2. **Егоров, И. М.** Цилиндро-тороидная червячная передача / И. М. Егоров // Зубчатые передачи – 99 : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. по проблеме обеспечения надежности и качества зубчатых передач. – СПб. – 1999. – С. 22–23.
3. Червячная передача : пат. 7773U Респ. Беларусь, МПК F 16H 1/00 / В. И. Сотников, Н. Г. Чернов, М. Э. Подымако, Н. И. Рогачевский, М. Ф. Пашкевич; заявитель РУП завод «Могилевлифтмаш». – № u20110389; заявл. 18.05.11; опубл. 30.12.1 1 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 6(83). – С. 247.
4. Червячная передача : пат. 8694U Респ. Беларусь, МПК F 16H 1/00 / С. Н. Рогачевский, М. Ф. Пашкевич, Н. И. Рогачевский; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – № u20120366; заявл. 02.04.12; опубл. 30.10.12// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5(88). – С. 224.

УДК 622.23.08

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

В. Н. ГАЛУШКО, Т. С. КОРОЛЁНОК, С. В. БАХУР
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Целью данной работы является: создание программного инструментария для уменьшения последствий колебаний, несимметрии напряжения, отклонения частоты в электрической сети; повышения надежности электрических объектов и систем; совершенствования методов расчета показателей эксплуатационной надежности электрооборудования с учетом условий и режимов работы.

Схема этапов математического моделирования представлена на рис. 1.

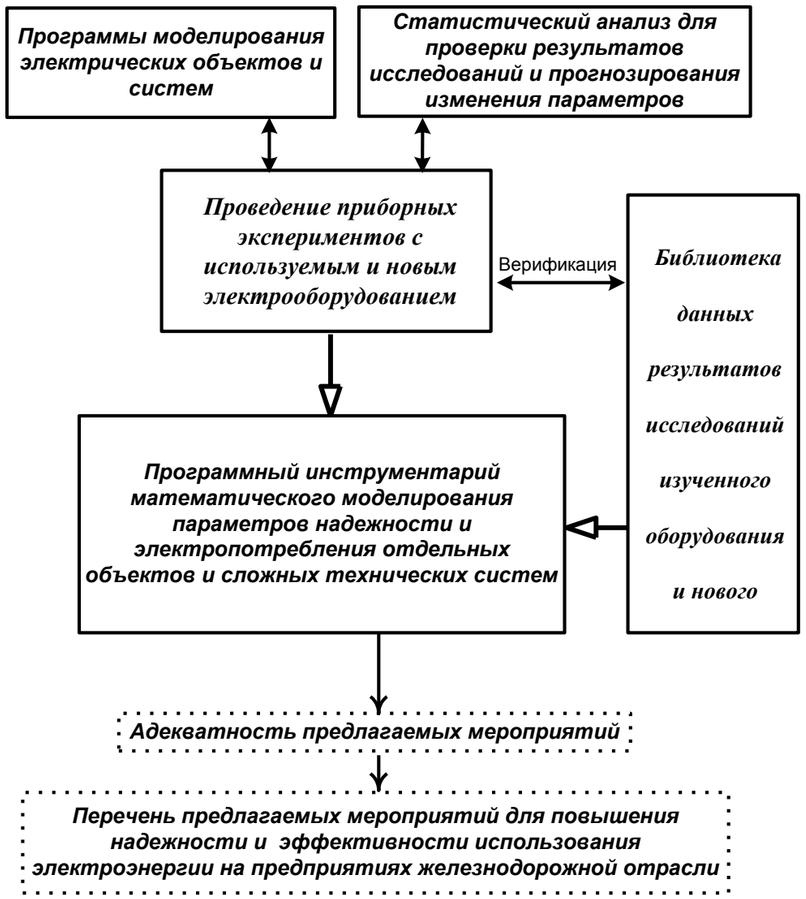


Рис. 1. Схема этапов математического моделирования

При использовании Поиска решения пользователь ограничен временем поиска ответа, числом итераций, точностью. Но даже при использовании максимальных значений данных параметров, получаемое решение может отличается от реального оптимального.

В свою очередь, например, математический процессор MathCadв базовой комплектации (без пакета расширения SOEP – Solving and Optimization Extension Pack) не дает возможности непосредственно получить решение оптимизационной задачи в целых числах.

В пакете MATLAB6 и версиями ниже существовала возможность решения задач с требованием целочисленности, хотя и отчасти опосредованным способом, путем первичного решения эквивалентной непрерывной задачи. Так в случае постановки целочисленной задачи имелась следующая рекомендация. Последовательно из числа независимых переменных выделяются те величины, которые допускают их коррекцию. Образование дискретных значений производится их округлением до ближайшего целого значения. После выделения дискретных значений производится решение приведенной задачи для оставшихся свободных переменных. После нахождения решения приведенной задачи производится выделение других дискретных переменных и расчетный цикл повторяется до тех пор, пока не будут выделены все дискретные переменные. Такая постановка задач целочисленного программирования существенно снижала функциональные возможности программного комплекса MATLAB6. В состав тулбокса Optimization 3 MATLAB7 введена новая функция bintprog, предназначенная для решения целочисленного программирования - в ней реализован так называемый метод ветвей и границ.

Но специалист, не знающий специфики работы в MathCAD или Math Lab,не сможет воспользоваться предоставляемыми возможностями. Ведь чаще всего необходимость получения оптимального целочисленного решения возникает в практических задачах, возникающих ежедневно в экономике и производстве.

Надстройка Поиск решения легко применима. Но разница в значениях целевых функций, получаемых при использовании данной надстройки для целочисленного решения на 0,4 % меньше, чем реально оптимальное значение.

Поэтому, при использовании прикладных программ необходимо помнить, что получаемое решение не всегда оптимально.

Если в какой-либо ситуации возникнет необходимость получения точно оптимального целочисленного решения, то нужно создать программу, реализующую, например, методы Гомори или ветвей и границ, и расчеты производить с целыми числами (считать в обыкновенных дробях).

УДК 621.891

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НАГРУЖАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МАШИНЫ ТРЕНИЯ

А. А. РЮМЦЕВ, Ю. Е. КИРПИЧЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П.О.СУХОГО»
Гомель, Беларусь

При испытаниях на трение и износ одним из основных условий сохранения необходимого уровня достоверности результатов является точная пригонка образцов к истирающим цилиндрическим поверхностям. Если не принимать для этого специальных мер, то почти неизбежно возникают перекос и неравномерное изнашивание образца не характерное для узлов трения машин и механизмов. До настоящего времени ещё не полностью изучен вопрос о распределении сил трения по поверхности трущихся образцов. При малых углах охвата неравномерностью их распределения возможно пренебрегать. При углах охвата свыше 40˚эта возможность отпадает и анализ явления весьма осложняется.

Задачей настоящей работы являлось введение в структурную схему механизма нагружения дополнительных элементов и соответствующая конструктивная увязка сопрягаемых элементов для достижения стабильности полноты контакта образца с контртелом в ходе испытания.

Перекос образца при испытаниях и его одностороннее истирание возможно свести к минимуму, если образец будет самоустанавливаться по отношению к истирающей цилиндрической поверхности. Для этого необходимо обеспечить возможность углового смещения образца относительно геометрической оси истирающей цилиндрической поверхности кольца.

Нагружающее устройство для испытательной машины, содержащее основание, корпус, размещённый в направляющих с подшипниками качения, держатель образца и груз, согласно полезной модели, направляющие с подшипниками качения закреплены параллельно основанию, в корпусе выполнены пазы параллельно направляющим для размещения штоков и ёмкость, заполненная гидропластмассой, связывающей внутренние концы штоков, при этом внешние концы штоков, предназначенные для контакта с держателем образца, выполнены конической и эвольвентной формы, а в держателе образца выполнены опорные поверхности в соответствии с формой внешних концов штоков.

На рис. 1 представлена схема нагружающего устройства.

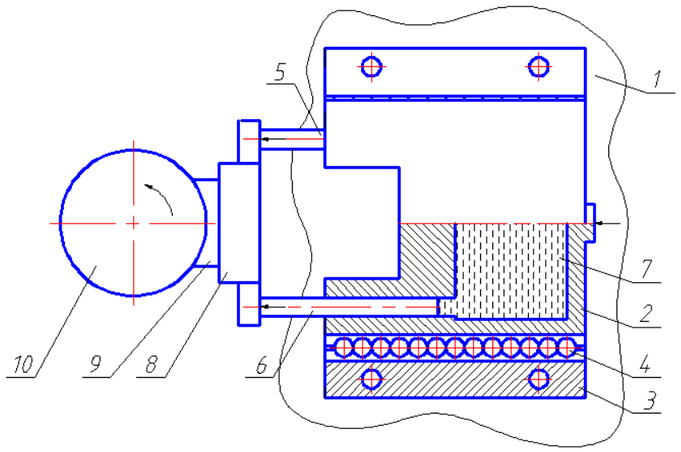


Рис. 1. Схема нагружающего устройства

Устройство содержит основание 1, корпус 2, размещённый в направляющих 3 с линейными подшипниками 4 качения, закреплённых на основании 1, взаимосвязанные штоки 5, 6 размещены параллельно друг другу в корпусе 2, полость которого заполнена гидропластмассой 7. Внешний конец штока 5 выполнен эвольвентной формы, внешний конец штока 6 выполнен конической формы, и контактирующие с ними опорные поверхности на держателе 8 образца 9, выполнены соответствующей формы. Образец 9 и контртело10 образуют пару трения.

Достижение стабильности полноты контакта образца с контртелом обеспечивается благодаря осуществлению взаимодействия штоков через гидропластмассу и заявленным формам их внешних концов, контактирующих с соответствующими опорными поверхностями на держателе образца, в частности эвольвентный профиль, что при контакте с эвольвентной опорной поверхностью держателя образца создаёт высшую кинематическую пару, что обеспечивает постоянство приложения усилия от штока. Проведенные экспериментальные исследования на макете трибометра показали эффективность разработанной конструкции устройства нагружения.

УДК 004

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ В ЛИНЕЙНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

И. Г. ГАЛИНСКАЯ, О. В. СЕРГИЕНКО, Ю. В. ВАЙНИЛОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При рассмотрении целого ряда задач финансового менеджмента и бизнеса необходимо учитывать требование целочисленности переменных.

Особый интерес к задачам целочисленного программирования вызван тем, что во многих практических проблемах необходимо находить целочисленное решение ввиду дискретности ряда значений искомых переменных. Например, огромное количество экономических задач носит дискретный, чаще всего целочисленный характер, что связано, как правило, с физической неделимостью многих элементов расчета.

В ряде случаев такие задачи решаются обычными методами, например, симплексным методом, с последующим округлением до целых чисел. Однако такой подход оправдан, когда отдельная единица составляет очень малую часть всего объема (например, товарных запасов); в противном случае он может внести значительные искажения в действительно оптимальное решение.

Целочисленное программирование возникло в 50-60-е гг. нашего века из нужд практики – главным образом в работах американских математиков Дж. Данцига и Р. Гомори. Задачи такого типа весьма актуальны, так как к их решению сводится анализ разнообразных ситуаций, возникающих в экономике, технике, военном деле и других областях. С появлением ЭВМ, ростом их производительности повысился интерес к задачам такого типа.

Симплексные метод с последующим округлением несложно программируется. Так, например, алгоритмы симплексного метода и метода «branch-and-bound» (ветвей и границ) для решения линейных и целочисленных задач с ограничениями разработаны Джоном Уотсоном (John Watson) и Деном Филстра (Dan Fylstra) из Frontline Systems, Inc реализованы в надстройке Поиск решения в приложении Excel.

Различные приложения так же предоставляют возможность решения оптимизационных задач, в том числе и с требованием целочисленности.

Однако при более тщательном изучении, например, надстройки Поиск решения в приложении Microsoft Excel, выяснилось, что получаемое целочисленное решение не является оптимальным – существует набор значений переменных, удовлетворяющих условию задачи, при котором целевая функция имеет лучший результат.

Это объясняется реализацией указанной выше надстройки.

– шире использовать примеры, так как с их помощью можно приблизить объясняемое (предмет, явление, процесс) к учащимся. Примеры целесообразно включать в основной текст в виде гиперссылок;

– использовать формы наглядности, способствующие повышению степени умственной активности учащихся, которые не только дополняют изложенную информацию, но и сами выступают носителями информации.

Как правило, основой для подготовки лекции является слайд-презентация. Одновременно с демонстрацией слайдов возможно воспроизводить аудио- или видеопоток. Таким образом, создается имитация реальной лекции, когда лектор присутствует перед учащимися в аудитории, излагает материал лекции и иллюстрирует сказанное с помощью слайдов.

Оценка эффективности учебного курса с использованием ЭОР.

Практика показала, что использование ЭОР в рамках традиционных образовательных технологий неэффективно.

Механическое перенесение традиционных приемов на компьютер не только не дает положительного эффекта, а порой и вредит учебному процессу.

Сейчас уже признано, что внедрение компьютеров в учебный процесс должно сопровождаться расширением самостоятельной работы учащихся и изменением организации работы преподавателей.

Этот процесс приводит к тому, что меняется характер работы преподавателя, многие виды традиционных занятий переносятся во внеаудиторную часть учебной работы. Такое перераспределение нагрузки опирается на наличие качественного учебно-методического обеспечения, важное место в котором занимают ЭОР.

Выбор готового ЭОР или методов и средств для создания нового зависит от многих факторов, однако есть совокупность базовых принципов и компетенций, которые инвариантны к особенностям конкретного проекта.

Информатизация образования – это многоаспектный процесс, и только учет всего многообразия этих аспектов позволяет создавать ЭОР, соответствующие современным требованиям и запросам системы образования.

УДК 621.83.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБНОЙ ПРОЧНОСТИ КУЛАЧКОВ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

И. С. САЗОНОВ, М. Е. ЛУСТЕНКОВ, А. П. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В передачах с промежуточными телами качения (ППТК) одними из наиболее нагруженных элементов являются цилиндрические торцовые кулачки, образующие замкнутую многопериодную беговую дорожку. В процессе работы ППТК кулачки находятся в сложном напряженно-деформированном состоянии в результате действия контактных напряжений, напряжений изгиба и кручения. Изгибным нагрузкам подвергаются выступы, образующие периодический торцовый профиль кулачков.

На основании расчетной схемы, предполагающей рассмотрение выступа как консольной балки, получена аналитическая зависимость для расчета напряжений изгиба в опасном сечении по аналогии с зубчатыми передачами.

С помощью машины для износо-усталостных испытаний СИ-03-Мо экспериментально было оценено влияние наличия галтели у основания выступа на изгибную прочность выступов кулачков. Рассматривался цилиндрический образец (сталь 45 с твердостью поверхности 40 HRC) с галтелью радиусом 10 мм (среднее значение галтели для выступов, образующих синусоидальный профиль кулачков, при передаточных числах ППТК от 3 до 12 и радиусах промежуточных тел качения до 12 мм). К концу образца прикладывалась консольная изгибающая нагрузка. Образец нагружался до разрушения.

По результатам проведенных испытаний установлено, что разрушение образца происходит в зоне начала образования галтели. Соответственно для выступов кулачков опасным будет сечение не у основания выступа, а в зоне перехода синусоидального профиля к галтели. Данный результат был учтен в аналитической зависимости для расчета напряжений изгиба при определении размеров опасного сечения и максимального расстояния до него от точки приложения силы к выступу со стороны промежуточного тела качения.

Полученная теоретическая зависимость для расчета напряжений изгиба в опасном сечении также позволяет определять допускаемую по изгибной прочности высоту выступов, от которой зависит число промежуточных тел качения, участвующих в передаче нагрузки, т. е. нагрузочная способность ППТК.

УДК 621.83.06

КОНСТРУКЦИЯ КАРДАННОГО ВАЛА С ПЕРЕДАЧЕЙ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

И. С. САЗОНОВ, М. Е. ЛУСТЕНКОВ, Е. С. ФИТЦОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Карданные валы с универсальными шарнирами используют в системах управления транспортных средств. Двухшарнирные валы применяют в механизмах приводных орудий от вала отбора мощности тракторов при различных углах взаимного расположения трактора и прицепного орудия. Передачи с промежуточными телами качения (ППТК) с составными роликами могут применяться в конструкциях двухшарнирных приводных валов, причем работать в двух режимах – муфты и редуктора. Рассмотрим кинематическую схему приводного вала, объединяющую в одной структуре ППТК и универсальные шарниры (рис. 1).

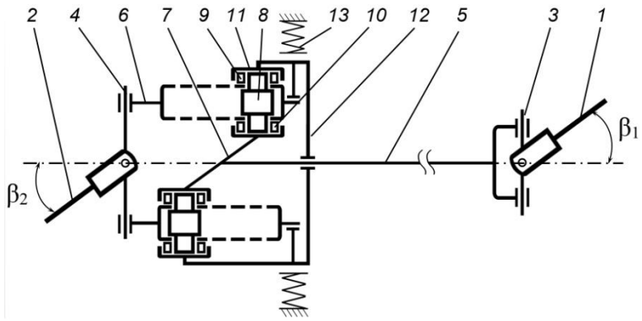


Рис. 1. Кинематическая схема двухшарнирного приводного вала

В конструкцию механизма входят входной 1 и выходной 2 валы, которые посредством крестовин 3 и 4 взаимодействуют с валом 5 и сепаратором ППТК 6 соответственно. На валу 5 закреплен внутренний кулачок 7 с однопериодной беговой дорожкой на наружной цилиндрической поверхности. Составные тела качения 8, содержащие промежуточные элементы (втулки) 9 и 10, перемещаются по беговым дорожкам внутреннего кулачка 7 и наружного кулачка 11, а также вдоль пазов сепаратора 6. Наружный кулачок 11 закреплен в корпусе 12. Таким образом, входной вал 1 механизма связан с внутренним кулачком 7, а выходной вал 2 – с сепаратором 6. При использовании тормозного устройства 13 механизм будет работать в режиме редуктора, а при отсутствии торможения – в режиме муфты.

УДК 371.64

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ, Ю. Д. СТОЛЯРОВ, Э. И. ЯСЮКОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Очевиден факт, что главная функция преподавателя – управление процессом обучения. Выполнение этой функции, в условиях сокращения объема контактов с обучающимся, приходится реализовывать самостоятельно, опираясь на собственный опыт.

При проведении учебного процесса в информационно-образовательной среде преподаватель несет значительно большую физическую и психологическую нагрузку, в сравнении с традиционными методами.

Кроме того не решены еще вопросы нормирования и оплаты труда преподавателя, порядок разработки электронных образовательных ресурсов учебного заведения.

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) – это совокупность программных средств, информационных, технических, нормативных и методических материалов, полнотекстовых электронных изданий.

Источниками для изучения теоретического материала по конкретной дисциплине могут быть:

– один или несколько ЭОР, разработанных в учебном заведении;

– сочетание ЭОР учебного заведения и/или ЭОР, которые находятся в свободном доступе.

При создании ЭОР следует помнить, что компьютерные технологии – это только средство предоставления информации и, несмотря на массу дополнительных возможностей предоставляемых этими технологиями, они не отменяют, а только дополняют опыт, накопленный при создании традиционных учебников.

Данный принцип (дополнения) имеет особое значение при разработке материалов теоретической части учебного курса. Поэтому остановимся на основных принципах формирования текста учебника или конспекта лекций по конкретной дисциплине.

Для максимального обеспечения понимания и усвоения теоретического материала необходимо выполнить следующие работы:

– провести четкую структуризацию текста, дробление учебного материала на небольшие, легко воспринимаемые объемы информации (примерно 2–3 экрана монитора);

– использовать интересные и точные заголовки;

Этапы решения поставленной оптимизационной задачи.

Этап 1. Построение многомерных выборок данных состояний ТП.

Введём в рассмотрение функции $Z_i : X \to R$, $i \in \{1, \ldots, n\}$ построения возможных состояний ТП на соответствующих i-х этапах:

$$Z_i(X, j_1, j_2, \ldots, j_i) \overset{(2)}{=} x_{1\,j_1} + x_{2\,j_2} + \ldots + x_{i\,j_i},\ j_k \in \{1, \ldots, M_k\},\ k = 1, \ldots, i. \qquad (5)$$

Тогда вид двумерных выборок на n-м этапе состояний ТП:

$$Y = \{(y_1^{(1)}, y_1^{(2)}), (y_2^{(1)}, y_2^{(2)}), \ldots, (y_\eta^{(1)}, y_\eta^{(2)})\}, \qquad (6)$$

$$(y_l^{(1)}, y_l^{(2)}) \overset{(3),(4),(5)}{=} (Z_n(X_T, j_1, j_2, \ldots, j_n), Z_n(X_S, j_1, j_2, \ldots, j_n)) \in R^2, \qquad (7)$$

$$j_k = 1, \ldots, M_k,\ k = 1, \ldots, n,\ l \in 1, \ldots, \eta,\ \eta \overset{(1)}{=} \prod_{i=1}^{n} M_i.$$

Этап 2. Кластерный анализ многомерных данных.

Требуется проанализировать множество многомерных данных вида (6); разделить (6) на непересекающиеся подмножества (кластеры); определить при этом состояния ТП, «близкие» наиболее оптимальному $(y_\alpha^{(1)}, y_\alpha^{(2)}) \in R^2$ и наименее оптимальному $(y_\omega^{(1)}, y_\omega^{(2)}) \in R^2$, $\alpha, \omega \in \{1, \ldots, \eta\}$ (в соответствии с критериями оптимизации) состояниям ТП.

Для решения данной задачи используются методы кластерного анализа. Пусть в результате разбиения (6) на кластеры элементам $(y_l^{(1)}, y_l^{(2)}) \in R^2$, $l = 1, \ldots, \eta$, поставлены в соответствие номера кластеров K_ζ, $\zeta = 1, \ldots, |\zeta|$, где $|\zeta|$ – итоговое количество построенных кластеров. Искомыми являются кластеры K_1, K_2 в состав которых входят элементы $(y_\alpha^{(1)}, y_\alpha^{(2)}) \in R^2$, $(y_\omega^{(1)}, y_\omega^{(2)}) \in R^2$ соответственно. В случае $|\zeta| > 2$ предлагается объединение элементов, не входящих в состав кластеров K_1, K_2 в некоторый обобщающий кластер K_3, как прочие элементы.

Каждому элементу множества (6) соответствует информация о маршруте по графу ТП (последовательность порядковых номеров вершин):

$$(M_B(1, j_1), M_B(2, j_2), \ldots, M_B(n, j_n)),\ j_i \in \{1, \ldots, M_i\},\ i = 1, \ldots, n, \qquad (8)$$

$$M_B(i, k) = \sum_{j=1}^{i-1} M_j + k,\ i = 1, \ldots, n,\ k \in \{1, \ldots, M_i\}.$$

Предлагается способ анализа структур кластеров по информации (8). В качестве объектов исследования предлагается рассмотрение одиночных независимых ТР, или вершин графа ТП. Поскольку граф ТП является *связным*, допустимо построение любой n-ки исследуемых ТР вида (8).

Вероятности принадлежности объектов $u \in M_B(i, k)$, $i = 1, \ldots, n$, $k \in \{1, \ldots, M_i\}$ кластерам рассчитываются в соответствии с классическим определением вероятности. При этом объект u принадлежит кластеру K_{j_0}, $j_0 \in 1, \ldots, \zeta'$, $\zeta' \in \{2, 3\}$, тогда и только тогда, когда вероятность принадлежности объекта кластеру в u-й строке матрицы вероятностей принадлежности объектов кластерам максимальна.

УДК 631.356.2

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ

С. В. СИНИЙ, *Р. Б. ГЕВКО, Н. Я. ВАРГОЛЯК
«ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«ТЕРНОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Луцк, Тернополь, Украина

Актуальным и перспективным направлением усовершенствования существующих и создания новых конструкций широкого ряда технологических машин, в том числе и сельскохозяйственных, например - для уборки клубне- и корнеплодов, является внедрение активного типа отдельных рабочих органов и целых рабочих поверхностей. К конструкциям сельскохозяйственных уборочных машин ставится задача не просто интенсифицировать технологический процесс обработки растительного материала, например – клубне- и корнеплодов, с целью увеличения производительности работы, но и соблюдения нормативного качества обработки этого материала при обеспечении достаточной надежности технологического процесса.

Таким образом, при конструировании сельскохозяйственной уборочной техники значительное внимание следует уделять приданию её рабочим органам и поверхностям способности гибко и чутко взаимодействовать с обрабатываемым материалом, адекватно и оперативно реагируя на изменения исходных физико-механических свойств обрабатываемой среды (клубненосного слоя почвы, вороха клубне- или корнеплодов) на протяжении всего процесса её поэтапного передвижения в машине. Требуемый результат достигается посредством регулирования значений конструктивно-кинематических характеристик и осуществляется вручную или автоматически в зависимости от сложности конструкции уборочной техники (копателя, подборщика, комбайна).

По нашему мнению, одним из эффективных способов механизированной очистки вороха клубне-, корнеплодов является комбинированное влияние рабочих органов на ворох, которое достигается через суммарное действие нормальных n и тангенциальных τ усилий на поверхности растительного материала и задаётся выбором комбинаций расположения и количества рабочих органов в технологическом русле очистки вороха таким образом, чтобы действие нормальных усилий постепенно уменьшалось (было минимальным на последних этапах очистки) с пропорциональным плавным увеличением тангенциальных усилий.

В связи с этим, возникла необходимость экспериментальных исследований рабочих органов, эффективных с точки зрения качества очистки вороха и энергозатрат на очистку.

Одним из этапов таких исследований, направленных на проверку и уточнение диапазона допустимых и оптимальных значений конструктивно-кинематических и других технических характеристик новых очистных рабочих органов и комбинаций их расположения в составе компактных очистных поверхностей, являются лабораторные опыты с использованием созданного лабораторного оборудования, в том числе – стенда, показанного на рис. 1.

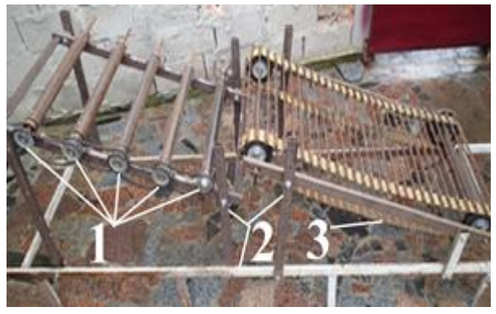


Рис. 1. Стенд для исследования очистных характеристик корнеклубнеуборочных машин: 1 – узлы для крепления батареи очистных рабочих органов роликового, битерного типов; 2 – регулируемые стойки на раме стенда; 3 – узел пруткового элеватора

Стенд позволяет проводить лабораторные исследования по очистке вороха на каскаде рабочих органов, состоящем из узла пруткового транспортера 3 (элеватора) и последующей батареи из комбинации очистных рабочих органов роликового или битерного типов, которые крепятся на приводах 1.

Привод рабочих органов осуществляется через цепную передачу от электродвигателя. Расстояние (зазоры) между рабочими органами в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также наклоны рабочих поверхностей можно регулировать с помощью креплений на стойках, положение которых в свою очередь также можно изменять на раме стенда.

Для оценки работы рабочих органов за показателями очистки и транспортирования предусмотрены поперечные лотки, на которые просыпается отсепарированный материал.

Кроме того, испытания на разных скоростных режимах при регулируемом изменении нагрузок от физико-механических показателей транспортируемой среды (клубненосного слоя почвы, вороха клубне- или корнеплодов) позволяют также сделать оценку показателей надежности, износостойкости и прочности материалов, применяемых для изготовления деталей рабочих органов и привода техники для уборки клубне- и корнеплодов.

УДК 004.8

О ЗАДАЧЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ

Е. М. БОРЧИК, А. И. ЯКИМОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Технологический процесс (ТП) производства готовой продукции (тканей) представлен в виде взвешенного ориентированного ациклического графа, вершинами которого являются технологические режимы (ТР). Пусть нагрузки (стоимости ресурсов, временные затраты) на дуги графа, в общем случае стохастического характера, уточнены методом Монте-Карло с использованием специально разработанных моделей их имитации и/или посредством анализа статистических данных ТП. При этом для каждой i-й технологической операции ТП определены нормы расхода времени, затрачиваемого на обработку заданного количества продукции $T_i = (t_{i1},\dots,t_{iM_i}),\ t_{ij} \in R$; общие стоимости расхода ресурсов, необходимых для обработки заданного количества продукции $S_i = (s_{i1},\dots,s_{iM_i}),\quad s_{ij} \in R,\quad i = 1,\dots,n,\quad j = 1,\dots,M_i,$ $n, M_i \in N$.

Для устранения неоднозначности выбора технологических режимов на каждом из этапов ТП поставлена задача многокритериальной оптимизации с использованием принципа оптимальности Беллмана с лексикографическим упорядочением критериев оптимизации (в разрезе стоимости ресурсов и/или временных затрат для выпуска заданного количества продукции). Требуется определить состояния ТП, *«близкие»* в соответствии с заданной мерой близости к *оптимальному* состоянию.

Для решения поставленной задачи предлагается процедура анализа выборок данных возможных состояний ТП. При этом общее количество всех возможных маршрутов по графу ТП составляет:

$$\eta = C^1_{M_1} \cdot C^1_{M_2} \cdot \ldots \cdot C^1_{M_n} = M_1 \cdot M_2 \cdot \ldots \cdot M_n = \prod_{i=1}^{n} M_i \,. \qquad (1)$$

Пусть расход ресурсов ТП ($\{T_i\}$, $\{S_i\}$) представлен матрицей вида:

$$X = \|x_{ij}\|,\ x_{ij} \in R, i = 1,\dots,n,\ j = 1,\dots,\max\{M_1,\dots,M_n\}; \qquad (2)$$

$$X_T = \psi(\{T_i \mid i = 1,\dots,n\}) = \|x_{ij}\|,\ x_{ij_i} = \begin{cases} t_{ij_i} \mid j_i = 1,\dots,M_i, \\ 0 \mid j_i = (M_i + 1),\dots,\max\{M_1,\dots,M_n\} \end{cases}, \qquad (3)$$

$$X_S = \psi(\{S_i \mid i = 1,\dots,n\}) = \|x_{ij}\|,\ x_{ij_i} = \begin{cases} s_{ij_i} \mid j_i = 1,\dots,M_i, \\ 0 \mid j_i = (M_i + 1),\dots,\max\{M_1,\dots,M_n\} \end{cases}. \qquad (4)$$

УДК 681.5

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НА БАЗЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА *NATIONAL INSTRUMENTS*

С. В. БОЛОТОВ, Ф. М. ТРУХАЧЕВ, Н. В. ГЕРАСИМЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Главными задачами автоматизации являются повышение производительности труда, повышение точности процессов, повышение безопасности производства.

Автоматизация производственных и исследовательских процессов может быть организована.

1. На базе программно-логических контроллеров (ПЛК), преимуществом которых является универсальность и низкая стоимость.

2. На базе аппаратно-программных систем под управлением ПК, которые отличается высокой гибкостью и большим числом измеряемых (контролируемых) параметров.

Была реализована система автоматизации второго типа для контроля освещения ледовой арены на базе программно-аппаратного комплекса *National Instruments*, рекомендуемого производителем для создания сложных измерительных комплексов и систем автоматизации с развитой обратной связью. Система включает ЭВМ, аппаратный блок управления NI USB-6251 совместно с оригинальной платой сопряжения и программный пакет Lab VIEW с развитым графическим интерфейсом, позволяющим в режиме реального времени управлять процессом освещения и контролировать основные его параметры (рис. 1).

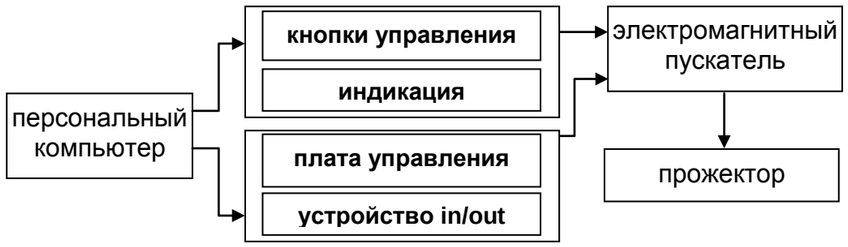


Рис. 1. Структура системы автоматического управления

Построенная схема автоматизации может быть легко масштабирована для управления электроприводами, контролировать в реальном времени параметры производства и эксперимента.

УДК 621.7-4

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С. Ю. СЪЯНОВ
Ф-л Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Рославль, Россия

Под эксплуатационными свойствами деталей машин и их соединений понимаются: контактная жесткость, износостойкость, статическая и усталостная прочность и т.п.

Вопрос технологического обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин в основном имеет двухступенчатое решение, однако в настоящее время активно проводятся исследования по одноступенчатому решению данного вопроса, что является достаточно актуальным.

Для решения данной задачи, необходимо определить какие нетрадиционные методы обработки применяются для размерной обработки материалов. Затем необходимо установить взаимосвязь условий обработки данных методов с параметрами качества поверхностного слоя, которые входят в зависимости для определения эксплуатационных свойств.

Так теоретические уравнения для определения параметров качества поверхностного слоя при электроэрозионной обработке имеют следующий вид.

Параметры шероховатости.

$$Rz = 0{,}5\left(\frac{IU\tau_u\eta_u}{\rho c T_{пл}}\right)^{1/3},\ Ra=0{,}32Rz,\ Rmax=1{,}73Rz,\ tp=100-10^{\sqrt{100-\delta}},\ Sm=4{,}5Rz,$$

где I – сила тока, А; U – напряженность, В; τ_u – длительность импульса, мкс; ρ и с – плотность и идеальная теплоемкость обрабатываемого материала; $T_{пл}$ – температура плавления обрабатываемого материала.

Параметры волнистости.

Прямое и обратное копирование:

$$Wz = 1{,}2\cdot\sqrt{10^{-4}\cdot\gamma^2\cdot\left[\left(Wz^{и}_{исх}\right)^2+\left(Wz^{заг}_{исх}\right)^2\right]+\left(Wz^{и}_{исх}\right)^2\cdot(1-0{,}02\cdot\gamma)+\left(0{,}5\cdot\sqrt[3]{\frac{I\cdot\tau\cdot\eta}{c\cdot\rho\cdot T}}\right)^2\cdot\left(\sqrt[3]{U_{max}}-\sqrt[3]{U_{min}}\right)^2}\ .$$

Обработка в сплошном материале:

$$Wz = 1{,}2\cdot\sqrt{\left(Wz^{и}_{исх}\right)^2\cdot\left(1-0{,}02\cdot\gamma+10^{-4}\cdot\gamma^2\right)+\left(0{,}5\cdot\sqrt[3]{\frac{I\cdot\tau\cdot\eta}{c\cdot\rho\cdot T}}\right)^2\cdot\left(\sqrt[3]{U_{max}}-\sqrt[3]{U_{min}}\right)^2}\ .$$

Разрезание, вырезание, шлифование:

$$Wz = 0{,}5\cdot\sqrt[3]{\frac{I\cdot\tau\cdot\eta}{c\cdot\rho\cdot T}}\cdot\left(\sqrt[3]{U_{max}}-\sqrt[3]{U_{min}}\right),$$

где I – сила тока при обработке; U_{max} – максимальное напряжение при обработке $U_{max}=U+\Delta U$, ΔU – перепад напряжения; U_{min} – минимальное напряжение при обработке $U_{min}=U+\Delta U$; τ – длительность импульса; η – коэффициент полезного действия энергии импульса; c – удельная теплоемкость обрабатываемого материала; ρ – плотность обрабатываемого материала; T – температура плавления обрабатываемого материала, $Wz_{исх}^{заг}$ – исходная волнистость заготовки; $Wz_{исх}^{и}$ – исходная волнистость инструмента; γ - износ электрод инструмента.

Микротвердость.

Температуру в любом слое при мгновенном источнике энергии можно рассчитать по зависимости:

$$T = T_0 - \frac{A_и \cdot \eta_и}{c \cdot \rho \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\right)^3} \cdot EXP\left[-\frac{\left(y - y_{пл}\right)^2}{4 \cdot a \cdot \tau}\right],$$

где $A_и$ – энергия импульса технологического тока; $\eta_и$ – коэффициент полезного использования энергии импульса; ρ – плотность материала; a – температуропроводность материала; τ – длительность импульса; T_0 – температура окружающей среды; $y_{пл}$ – расстояние определяющее зону плавления материала, рассчитывается по зависимости:

$$y_{пл} = \sqrt{-4 \cdot a \cdot \tau \cdot \ln\left[\frac{\left(T_{пл} - T_0\right) \cdot c \cdot \rho \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\right)^3}{A_и \cdot \eta_и}\right]}.$$

Зная распределение температуры по глубине и используя данные материаловедения можно определить структуру материала, следовательно, и ожидаемую твердость.

Остаточные напряжения.

Технологические остаточные напряжения можно рассчитать по зависимости:

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \left[\alpha \cdot \left(T_1 - T_0\right) - \frac{\sigma_T}{E}\right],$$

где E – модуль упругости первого рода; T_0 – начальная температура обработки; T_1 – температура обработки; σ_T – предел текучести материала.

Таким образом, установленные взаимосвязи параметров качества поверхностного слоя с условиями нетрадиционных методов обработки позволят получить функциональные зависимости эксплуатационных свойств деталей машин с условиями обработки нетрадиционными методами.

Все вышеизложенное позволит по требуемым эксплуатационным свойствам определить возможные нетрадиционные методы и условия обработки материалов, а в последующем из полученных методов выбрать метод с минимальной технологической себестоимостью.

компьютерах, работающих под управлением операционных систем Windows XP, Vista, v. 7, v. 8. Разработано информационное и методическое обеспечение комплекса по следующей тематике:

– маркировка взрывозащищенного электрооборудования;

– классификация взрывоопасных зон и взрывоопасных сред;

– требования к эксплуатации и техническому обслуживанию взрывозащищенного электрооборудования;

– соблюдение специальных условий применения для электрических машин, предназначенных для работы во взрывоопасных средах, питание которых осуществляется от преобразователя;

– ремонт взрывозащищенного электрооборудования;

– выбор взрывозащищенного электрооборудования для эксплуатации во взрывоопасных зонах.

Информационное и методическое обеспечение комплекса базируется на требованиях перечня стандартов по техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, а также действующих технических нормативных правовых актов: ТКП134-2008 (09100) «Система контроля, технического обслуживания и проверки систем сигнализации и противоаварийной автоматической защиты. Общие правила построения, оформления и содержания», ТКП138-2008 (09100) «Система технического обслуживания и ремонта технических устройств (средств измерения и средств автоматизации) систем контроля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты. Порядок построения, оформления и содержания документации», ТКП-181-2009 (02230) «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», ТКП339-2011 (02230) «Электроустановки на напряжение до 750 кВ», ТКП427-2012 (02230) «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок», ТКП506-2013 (02300) «Взрывобезопасность химических производств и объектов. Общие требования».

Предложенный программный комплекс предназначен как для самостоятельного использования специалистами, так и в составе курсов повышения квалификации. С помощью компьютерного тренинга любой специалист может самостоятельно подготовиться как к предстоящей проверке знаний, так и повысить свой уровень знаний в указанных областях проектирования и обслуживания электрооборудования во взрывоопасных зонах.

УДК 621.3

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНИНГА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В. Н. АБАБУРКО, Л. Г.ЧЕРНАЯ, П. Ф. НИКИТИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В связи с принятием технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» и ряда технических нормативных правовых актов возникла потребность в ускоренной переподготовке специалистов, занятых проектированием, эксплуатацией и ремонтом взрывозащищенного электрооборудования в соответствии с обновленными требованиями к взрывозащищенному электрооборудованию для рынка стран Таможенного Союза.

Обеспечение взрывобезопасности оборудования, предназначенного для работы во взрывоопасных средах, в течение всего предполагаемого (расчетного) срока службы, требует соответствующей компетентности специалистов, которые должны отвечать следующим требованиям:

– понимать и быть способными оценивать техническую документацию;

– обладать практическим пониманием принципов и методов взрывозащиты маркировки;

– знать аспекты конструкции оборудования, которые влияют на вид защиты;

– понимать процесс сертификации;

– знать специальные методы, применяемые при выборе, монтаже, техническом обслуживании и ремонте;

– понимать обеспечение безопасности в отношении защиты от взрыва.

Традиционная переподготовка в рамках курсов повышения квалификации не позволяет оперативно выполнить обучение и контроль всех специалистов, занятых в указанной сфере деятельности. Это объясняется рядом организационных и финансово-экономических причин, как учебных заведений, так и самих предприятий, эксплуатирующих электрооборудование во взрывоопасных средах.

С целью снятия возникшей проблемы, а также повышения уровня знаний в области требований взрывозащиты электротехнического персонала промышленных предприятий в научно-исследовательской лаборатории «Взрывозащищенное электрооборудование» университета подготовлена первая версия программного комплекса «AskEx» для проведения компьютерного тренинга и тестирования знаний в области требований ТР ТС. Программный комплекс предназначен для применения на персональных

УДК 614.843

РАЗРАБОТКА КАРАБИНА ПОЖАРНОГО

М. М. ФОМЧЕНКО, А. Г. ПОЛЯКОВ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время перед подразделениями МЧС Республики Беларусь стоят задачи своевременной ликвидации пожаров и других чрезвычайных ситуаций, при этом очень важно использовать современные методы спасения пострадавших и современное оборудование. Использование современного оборудования позволяет более эффективно производить работы по тушению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций с минимальным ущербом, вызванным их последствиями.

Карабин пожарный предназначен для ведения спасательных работ, страховки пожарного при работе на высоте, а также для спасения людей и самоспасания пожарных с высотных уровней.

Разработка конструкции карабина пожарного, отвечающего необходимым требованиям и не уступающим лучшим мировым аналогам является актуальной задачей.

Карабин пожарный должен соответствовать требованиям СТБ 11.13.09-2009 «Карабины пожарные. Общие технические требования и методы испытаний» и быть конкурентоспособным с применяемыми в подразделениях МЧС карабинами пожарными мировых производителей.

Карабин пожарного должен состоять из крюка, затвора, замыкателя, шарнирного соединения.

Разработка велась с целью создания отечественного карабина пожарного для пожарных аварийно-спасательных подразделений.

Для решения указанной задачи были проведены:

– теоретические и экспериментальные исследования по определению возможности разработки карабина пожарного;

– разработана конструкторская документация на карабин пожарный;

– изготовлены опытные образцы карабина;

– проведен комплекс экспериментальных исследований и обработка результатов экспериментов.

Результатом исследований и работ по данной теме явилось разработка и изготовление опытных образцов карабина пожарного, а также проведения их испытаний в соответствии с требованиями с СТБ 11.13.09 «Карабины пожарные. Общие технические требования и методы испытаний».

Техническими преимуществами карабина являются: повышенная надежность, в сравнении с аналогами; конструкция, обеспечивающая простоту использования; возможность использования в альпинистских целях.

Карабин пожарный предназначен для оснащения подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

THE INFLUENCE OF MASS AND RIGIDITY PARAMETERS
ON TORSIONAL VIBRATIONS OF SHAFTS

JERZY JAROSZEWICZ, LESZEK RADZISZWSKI
Bialystok University of Technology Poland
Kielce University of Technology Poland

Abstract: In this paper the characteristic series method is proposed to solve the boundary value problem of torsion al vibrations of an elastic, variable rigidity, shafts with attached discs. The general form of characteristic equation by means Cauchy function in power series form are obtained. Influence of an attached discs and variable rigidity on the basic frequency are investigated for different boundary conditions. Investigation of influence of variable torsion al rigidity of elastic shafts with attached discs their natural frequency.

1. Introduction

Many rotor machines are based on elastic shafts with variable torsion al rigidity and carrying discrete masses in discs form. The exact solution of a boundary value problem of torsion al vibration of these shafts in a closed form is possible only in a few simple cases. Of course this problems can be solved by means of numerical methods, for example finite elements method. However lack of the exact solution does not allow us to estimate the accuracy of approximate analytical and numerical solutions.

In particular cases likes coal mill when it is necessary to study the dynamics of these units, it is appropriate to use the dual mass model, which is the most simple and yet sufficiently accurately describes the phenomenon of torsion al vibration. In cases where the moment of inertia of the clutch discs cannot be neglected three discs in model rotor of mill will be more accurate. The dependence, derived below provides engineers with a fool enabling design of three – disk units. It permits a choice of appropriate characteristics of elasticity to prevent the occurrence of resonant vibration during starting and stopping of such machines.

2. Definition of the problem

The following boundary problem is considered of model presented on fig.1:

$$L[y] - \sum_{i=1}^{v} \alpha_i y(x_i)\delta(x - x_i) = 0, \quad (a \le x \le b), \tag{2.1}$$

$$(f(x)y' - e_1 y)_{x=a} = 0, \qquad (f(x)y' + e_2 y)_{x=b} = 0, \tag{2.2}$$

where

$$L[y] \equiv (f(x)y')' + \omega^2 \mu(x) y, \qquad a < x_1 < x_2 < \cdots < x_v < b, \tag{2.3}$$

$\alpha_i = J_i \lambda^2$, $\lambda = \sqrt{-1\omega}, \omega$ – frequency parameter, $\delta(x)$ – Dirac's function, $J_i (i = \overline{1, v})$ – central momentum of inertia for symmetrical discs, concentrated in point $x_i, e_j\, (j = 1,2)$ – parameters of boundary conditions, y(x) – amplitude of torsion angle, function's f(x) and μ(x) characterizing torsion rigidity and mass of shaft are considered as integrated and satisfying such conditions:

ля вблизи полюсов электромагнита, т.к. находятся в геле, помещенном в небольшие капсулы, и могут перемещаться только в пределах капсул. В объекте возникают зоны нечувствительности к внутренним дефектам. Эти зоны примыкают к внутренним граням полюсов электромагнита и становятся тем шире, чем больше глубина залегания дефекта, меньше его диаметр и напряженность намагничивающего поля. Зоны нечувствительности обусловлены тем, что нормальная составляющая внешнего поля возле полюсов магнита значительно больше тангенциальной компоненты, поэтому тангенциальная составляющая поля рассеяния дефекта слабо влияет на ориентацию магнитных частиц в пленке.

Если электромагнит находится с противоположной стороны объекта по отношению к пленке, то границы зон уверенного обнаружения поверхностных дефектов располагаются над полюсами магнита, и их положение зависит от толщины образца. Ухудшение обнаружения поверхностных дефектов, находящихся на большем расстоянии от внутренних граней полюсов электромагнита, объясняется резким уменьшением тангенциальной составляющей напряженности намагничивающего поля. Чем больше диаметр дефекта и меньше глубина его залегания, тем шире зона уверенного обнаружения внутренних дефектов в образце. Границы этой зоны могут находиться в межполюсном пространстве электромагнита и вне его.

Установлены особенности трансформации индикаторных рисунков внутренних протяженных дефектов на пленке при изменении их параметров и взаимного расположения: при контроле образцов с крупными протяженными дефектами (диаметром 4…6 мм), параллельными поверхности и находящихся на небольшом расстоянии друг от друга (до 12 мм), на визуализирующей магнитные поля пленке наблюдается широкая светлая полоса, а по обе ее стороны – темные полосы, т.е. несколько дефектов воспринимаются как один дефект большей ширины. Увеличение расстояния между дефектами (до 30…40 мм) приводит к появлению отдельных индикаторных рисунков дефектов, между которыми отмечаются светлые полосы. Появление светлых полос объясняется тем, что тангенциальная составляющая поля дефекта по мере удаления от плоскости его симметрии вначале убывает, достигая минимума, а затем возрастает, причем суперпозиция тангенциальных составляющих полей на одинаковом расстоянии от дефектов может достигать значительной величины и вызвать появление светлой полосы на пленке. Дальнейшее увеличение расстояния между дефектами приводит к «размыванию» светлой полосы на пленке между дефектами.

УДК 620.179.14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ПОЛЕЙ ДЕФЕКТОВ НА ПЛЕНКЕ

А. В. ШИЛОВ, В. А. НОВИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Могилев, Беларусь

Магнитный метод контроля, основанный на применении визуализирующей магнитные поля пленки, обладает рядом преимуществ: высокая оперативность, возможность обнаружения дефектов в объектах с грубой поверхностью, простота осуществления, многократное использование магнитной пленки, наглядность результатов контроля, метод не требует применения специальных приборов для обнаружения дефектов, позволяет количественно оценить дефекты с учетом глубины их залегания. Для обеспечения высокой достоверности обнаружения дефектов необходимо определить границы применения метода с учетом режима намагничивания, глубины залегания и величины дефекта, параметров электромагнита, положения магнитной пленки на объекте по отношению к электромагниту.

При намагничивании объектов толщиной более 20 мм электромагнитом с межполюсным расстоянием меньше 90 мм на визуализирующей магнитные поля пленке, уложенной на поверхность объекта, появляется помеха в виде светлой полосы шириной 10…15 мм, расположенная параллельно полюсам электромагнита в плоскости их симметрии. Ширина полосы уменьшается, а ее яркость возрастает при увеличении зазора между полюсами и поверхностью объекта. Наличие дефекта сплошности, находящегося в объекте под этой полосой, может установить оператор, имеющий большой опыт работы. Ширина полосы значительно увеличивается, а ее яркость снижается при увеличении межполюсного расстояния электромагнита и (или) уменьшении толщины стенки контролируемого объекта. Например, в объектах толщиной 30 мм при расстоянии между полюсами электромагнита 200 мм эта помеха становится малозаметной.

Определены условия контроля ферромагнитных объектов с толщиной стенки 25…30 мм, намагничиваемых П-образным электромагнитом, имеющим сечение полюса 170х60 мм, число витков 550 и границы применения метода: межполюсное расстояние – 200 мм; напряженность намагничивающего поля при обнаружении внутренних дефектов – от 500 до 650 А/см.

Если электромагнит и пленка находятся с одной стороны образца, то поверхностные трещины в образце уверенно обнаруживаются во всем межполюсном пространстве электромагнита. При этом, в отличие от магнитопорошкового метода контроля, магнитные частицы визуализирующей поля пленки не удаляются пондеромоторной силой вследствие неоднородного по-

$$f(x) > 0, \mu(x) \geq 0, \forall\ x \in [a, b].$$

3. The general form of characteristic equation

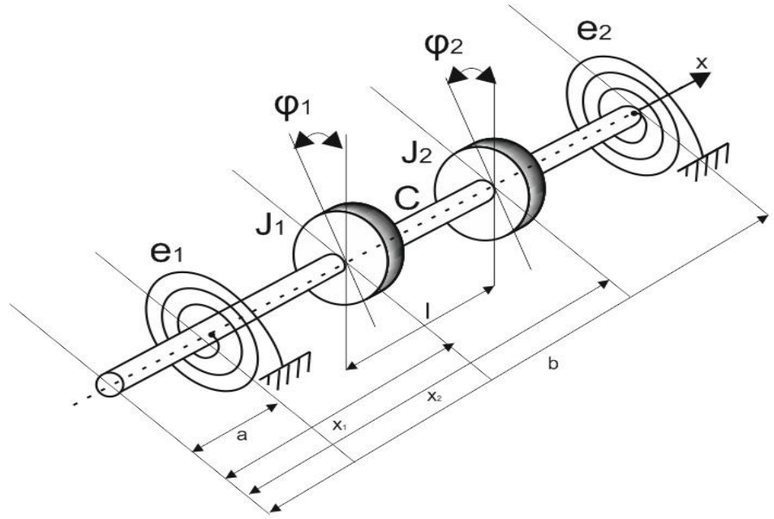


Fig. 1. Model of shafts

Frequency equation of problem for model from fig.1 is obtained in the following form:

$$(e_1 e_2 Q + e_1 f(b) Q' - e_2 f(a) \dot{Q} - f(a) f(b) \dot{Q}')|x = b \quad \alpha = a \qquad (3.1)$$

This function $Q = Q(x, \alpha)$, is determinate by the formula:

$$Q_{vs} = +\sum_{i=1}^{v} \alpha_i \Psi_i \phi_i + \sum_{i=1}^{v-1}\sum_{j>i}^{v} \alpha_i \alpha_j \Psi_i K_{ji} \phi_{xj} + \sum_{i=1}^{v-2}\sum_{j>i}^{v-1}\sum_{k>j}^{v} \alpha_i \alpha_j \alpha_k \Psi_i K_{ji} \phi_{xk} +$$

$$+ \cdots + \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_v \Psi_1 K_{21} K_{32} \ldots K_{v,v-1} \phi_{xv}. \qquad (3.2)$$

In which $\Psi \equiv K(x, \alpha)$, parameter $\alpha = a, \Psi(x_i)$ is marked as Ψ_i,:

$$K(x_j, x_i) = K_{ji},\ \phi(x, x_i) = \phi_{xi},\ Q' = \frac{\partial Q}{\partial x},\quad \dot{Q} = \frac{\partial Q}{\partial \alpha},\ Q' = \frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial \alpha}, \qquad (3.3)$$

$K(x, \alpha)$ is the influence function of the equation L[y] = 0, i.e. their solution satisfying the following conditions:

$$k(\alpha, \alpha) = 0,\ K'(\alpha, \alpha) = \frac{1}{f(\alpha)(a \leq \alpha \leq b)}, \qquad (3.4)$$

is Heaviside's function.

УДК 621.74.047:669.131.7

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ЧУГУНА «НИРЕЗИСТ»

В. Ф. БЕВЗА
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

В процессе исследований было установлено, что при получении образцов из чугуна «нирезист» по одной технологии (литье в металлическую водоохлаждаемую форму) и одинаковом химсоставе по основным элементам (C, Si, Mn, Cr, Ni, Cu), использование различных шихтовых материалов приводит к получению различных результатов после обработки чугуна холодом (-60 ^{o}C). В частности, образцы, полученные на основе шихты с использованием литейных чугунов Косогорского металлургического завода и отдельно вводимых в расплав легирующих элементов, не обладают ростоустойчивостью при отрицательных температурах. При этом величина твердости и остаточной магнитной индукции (B_r) возрастает до недопустимых размеров. В связи с этим, целью настоящей работы являлось исследование влияния высокотемпературной обработки (ВТО) на стабильность аустенита при отрицательных температурах и свойства чугуна.

Известно, что для чугунов типа «нирезист» ВТО применяется с целью исключения либо минимизации количества карбидов и ферромагнитной фазы в структуре чугуна [1]. В нашем случае задача заключалась в определении возможности при помощи ВТО увеличить стабильность аустенита при отрицательных температурах, т. е. понизить температуру мартенситного превращения.

Обработке подвергали 3 партии образцов при различном времени выдержки каждой партии в печи при температуре 1020 ^{o}C: 2, 4 и 6 часов. После заданной выдержки соответствующую партию извлекали из печи и охлаждали на воздухе в естественных условиях. Каждая партия была составлена из образцов, полученных из двух плавок: серии Н19 и серии Н21. Химический состав чугуна был, практически, одинаков в обеих сериях (табл. 1).

Табл. 1. Химический состав образцов, подвергавшихся ВТО

Шифр образцов	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
Н 19	3,05	1,98	0,60	1,40	14,84	6,04
Н 21	3,10	2,02	0,50	1,36	15,32	6,49

Отличие заключалось только в режиме охлаждения полых отливок из которых вырезались образцы для последующей ВТО. Отливки серии Н19 сразу после извлечения из кристаллизатора охлаждали в потоке воздуха в

Использование значений (1) – (3) в методе [1] позволило восстановить параметр W, отвечающий за рассеяние света границами пленки (табл. 1).

Табл. 1. Определение параметра рассеяния W по различным парам мод

Моды	W
(0, 1)	$1{,}51\cdot10^{-4}\pm1{,}3\cdot10^{-5}$
(0, 2)	$1{,}37\cdot10^{-4}\pm0{,}9\cdot10^{-5}$
(1, 2)	$1{,}28\cdot10^{-4}\pm2{,}0\cdot10^{-5}$

Из (3) и табл. 1. видно, что хотя коэффициенты α_l для мод различного порядка отличаются друг от друга в разы, коэффициент рассеяния W, рассчитанный при разных сочетаниях пар мод, практически постоянен (его колебания находятся в пределах экспериментальных погрешностей). Это свидетельствует в пользу корректности модели затухания мод, предложенной в [1].

Для оценки коэффициента поглощения пленки k_1 целесообразно использовать значение $W=1.51\cdot10^{-4}$, рассчитанное по модам с номерами 0 и 1 [1]. Ему соответствуют коэффициент затухания основной моды, вызванный рассеянием света, равный $\alpha_s^{(0)}=1{,}72\cdot10^{-5}\,мкм^{-1}$ и коэффициент поглощения пленки оксинитрида кремния, равный $k_1=3\cdot10^{-8}$ (0,026Дб/см).

Заметим, что восстановление столь малого значения k_1 в пленке микрометровой толщины другими известными методами практически невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сотский, А. Б.** Затухание волноводных мод тонких плёнок: разделение вкладов поглощения и поверхностного рассеяния света / А. Б. Сотский, П. Я. Чудаковский // Компьютерная оптика. – 2012 – № 4 (36) – С.479–488.

УДК 621.372.8:535

ОЦЕНКА ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ПЛЕНКЕ ОКСИНИТРИДА КРЕМНИЯ

П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ, *С. О. ПАРАШКОВ, *А. Б. СОТСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Оксинитрид кремния является ключевым материалом в микроэлектронике и атомной силовой микроскопии. Вместе с тем, физические свойства тонких пленок из этого материала существенно зависят от условий их получения (обычно пиролиза кремниевых соединений). Возможным методом диагностики таких свойств является волноводная спектроскопия поглощения материала пленок. Однако в видимом диапазоне длин волн такие измерения затруднены высокой прозрачностью оксинитрида кремния, которая приводит к проблеме разделения вкладов поверхностного рассеяния и объемного поглощения в измеряемое затухание волноводных мод. Метод решения названной проблемы, основанный на измерении затухания как минимум двух мод TE поляризации, направляемых пленкой, был предложен в [1]. В настоящей работе представлено применение этого метода к обработке экспериментальных данных для треков мод пленки оксинитрида кремния (эти данные представлены Metricon Corporation, Pennington, New Jersey, USA).

Исследована двухпленочная структура на кремниевой подложке, в которой высокопреломляющая пленка оксинитрида кремния отделена от подложки низкопреломляющей пленкой из этого же материала (показатели преломления пленок определяются процентным составом компонентов Si_3N_4 и SiO_2). Предварительная обработка угловой зависимости отражательной способности данной структуры, приведенной в контакт с призмой связи, позволила определить показатели преломления и толщины обеих пленок:

$$d_1 = 1{,}03\,\text{мкм};\ n_1 = 1{,}7966;\ d_2 = 1{,}07\,\text{мкм};\ n_2 = 1{,}5321, \qquad (1)$$

оптическая длина волны 0,6328 мкм. Этим значениям соответствуют вещественные части постоянных распространения трех TE мод низшего порядка:

$$\beta_0 = 1.7773856;\ \beta_1 = 1.7192586;\ \beta_2 = 1.6217698. \qquad (2)$$

Далее была выполнена экспоненциальная интерполяция треков данных мод, измеренных волоконно-оптическим зондом. Эта интерполяция дала значения коэффициентов затухания мод:

$$\alpha_0 = 1{,}75\cdot 10^{-5}\,мкм^{-1},\ \alpha_1 = 6{,}72\cdot 10^{-5}\,мкм^{-1},\ \alpha_2 = 12{,}8\cdot 10^{-5}\,мкм^{-1}. \qquad (3)$$

вертикальном положении. Отливки серии Н21 после извлечениязиз кристаллизатора вначале помещали в печь с температурой 980 °С, выдерживали 30 минут, а затем также охлаждали в потоке воздуха в вертикальном положении.

Анализ показал, что ВТО не привела к существенному изменению твердости и B_r чугуна (рис. 1). Можно только отметить тенденцию к повышению твердости образцов серии Н21 по мере увеличения времени выдержки при высокой температуре. Однако это повышение не превышает 7,5 % по отношению к твердости образцов в литом состоянии (рис. 1, а).

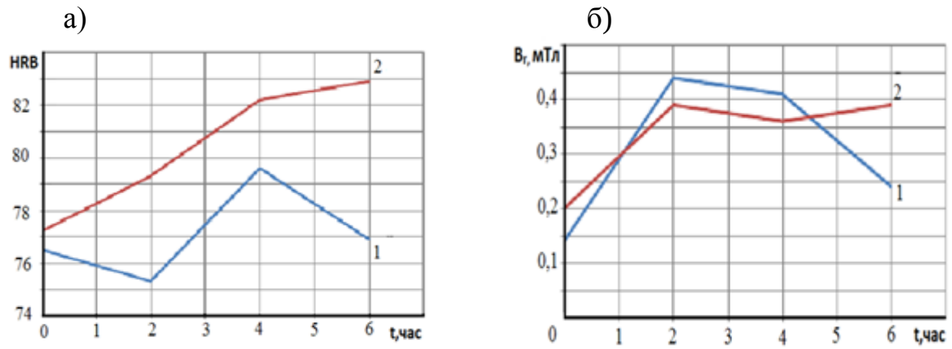


Рис. 1. Изменение твердости (а) и остаточной магнитной индукции (б) чугуна в зависимости от продолжительности выдержки образцов при температуре 1020 °С : 1 – серия Н19; 2 – серия Н21

Что касается B_r, то этот параметр вырос в 1,7–2,1 раза в образцах серии Н19 и на 80–95 % серии Н21. В абсолютных значениях это увеличение невелико и не выходит за рамки технических требований ($B_r \leq$ 0,5мТл). Однако обработка этих образцов холодом (выдержка при температуре – 60 °С в течение одного часа) показала, что они не обладают ростоустойчивостью при отрицательных температурах и увеличивают свои размеры на 0,4–0,6 %. При этом твердость повышается на 13–30 %, а B_r возрастает в 2–13 раз.

Таким образом установлено, что ВТО чугуна «нирезист» не повышает стабильность аустенита при отрицательных температурах и не снижает температуру мартенситного превращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машиностроение. Энциклопедия. ТII-2 : Стали. Чугуны / Под общ. ред. О. А. Банных [и др.]. – М. : Машиностроение, 2001. – 784с.

УДК 621.74.047:669.131.7

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА КАЧЕСТВО ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЧУГУНА

В. Ф. БЕВЗА, В. П. ГРУША, *В. А. КРАСНЫЙ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
*«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»
Могилев, Беларусь; Санкт-Петербург, Россия

К деталям машин типа втулок, как правило, предъявляются высокие требования по физико-механическим свойствам и, в первую очередь, по износостойкости, которая в основном определяется структурой металлической матрицы, величиной и формой графитовых включений. Поэтому одним из основных показателей качества была принята структура чугуна: состав металлической матрицы (соотношение феррита и перлита), наличие отбела и характеристика графитовых включений. Кроме этого также основным показателем качества была принята толщина стенки отливки (ξ), получаемой в процессе литья. Это связано с тем, что при литье полых заготовок по методу, при котором наружная поверхность отливки ограничивается металлической водоохлаждаемой формой, а внутренняя определяется только фронтом затвердевания и получается непосредственно из расплава, толщина стенки ξ не имеет жесткой регламентации [1]. В связи с изложенным, целью настоящей работы являлось определение влияния технологических параметров на структуру и толщину стенки отливок при литье в металлическую водоохлаждаемую форму.

Исследования проводились при литье полых заготовок из низколегированного чугуна с пластинчатым графитом. Для анализа были приняты следующие технологические параметры: продолжительность выдержки отливки в форме ($\tau_ф$); химический состав чугуна, определяемый степенью эвтектичности ($S_э$) и обобщенным коэффициентом $C_к$ [2], на основе которого оценивали влияние легирующих элементов на отбел; скорость охлаждения отливок после извлечения из формы ($\nu_{ох}$).

В результате исследований установлено, что основными параметрами, влияющими на ξ, являются $\tau_ф$, $S_э$ и $C_к$. Например, для получения отливки с толщиной ξ = 15 мм изменение $S_э$ от 0,76 до 0,96 ведет к увеличению $\tau_ф$ от 17 до 32 с при температуре расплава, подаваемого в форму, 1345 ^oC, что связано с уменьшением протяженности двухфазной зоны.

Микроструктура отливок определяется скоростью затвердевания, химическим составом чугуна, временем формирования и условиями вторичного охлаждения. Применение металлической водоохлаждаемой формы обусловливает высокую скорость затвердевания чугуна в наружных слоях отливки

УДК 534.4:621.391

АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. И. ЦУПРЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Существует большой класс физических явлений, относящихся к разряду нестационарных процессов, где принципы постоянства характеристик нарушаются. При этом следует отметить, что ряд случайных процессов является нестационарным по времени, т. е., при одинаковой информационной сущности они различны по длительности. Естественно предположить, что анализ нестационарных сигналов необходимо проводить на интервале переменной длительности, размер выборки должен варьироваться. Вычисленные на разных интервалах анализа значения среднего, дисперсии и энергии сравниваются между собой и по характеру соотношения между ними определяются параметры для оценки.

Рассмотрим данное утверждение на примере случайного процесса, представленного на рис.1. Даже при визуальной оценке можно утверждать, что данный процесс относится к классу нестационарных, т.к. амплитуда сигнала имеет тенденции к возрастанию или убыванию. Рассчитаем, например, среднее значение на разных интервалах осреднения, причем для средних значений сравнение будем проводить по их энергиям на равных интервалах интегрирования.

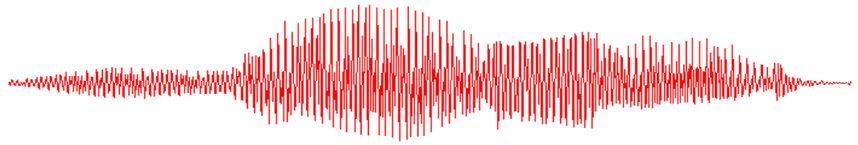


Рис. 1. Сигнал – параметр нестационарного случайного процесса

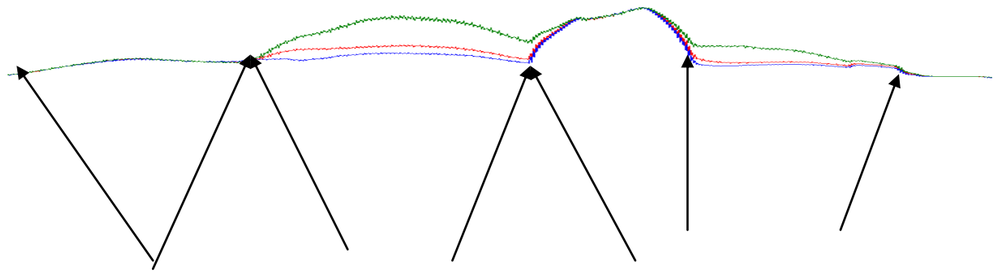


Рис. 2. Энергия исходного сигнала и усредненного по 10 и 20 отсчетам

Анализ рис. 2. позволяет заключить, что хотя и сохраняется условие изменчивости среднего значения, которое характеризует этот сигнал как нестационарный, но определенные участки сигнала не зависят от интервала усреднения, что может выступать в качестве критерия условной стационарности. Оценка характера поведения позволяет разбить сигнал на 4 участка для последующего анализа.

ставлять 1–2 нм, определяют путем обработки угловой зависимости коэффициента отражения лазерного пучка от поверхности исследуемой структуры.

Параметры (комплексный показатель преломления $n = x_2 + ix_3$ и толщина x_1) металлической пленки могут быть определены путем минимизации целевой функции

$$I = \sum_{j=1}^{n} \left[f(x_i, \gamma_j) - R(\gamma_j) \right]^2 ,$$

где $f(x_i, \gamma_j)$ – теоретическая модель коэффициента отражения.

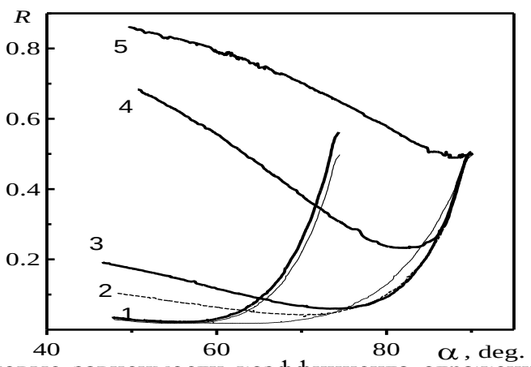


Рис. 1. Угловые зависимости коэффициента отражения пучка He-Ne лазера ТМ-поляризации

Угловые зависимости коэффициента отражения пучка He-Ne лазера ТМ-поляризации, измеренные при его отражении от осажденных методом термического напыления на подложку слоев алюминия толщиной 2 (кривая 1), 3 (кривая 2), 5 (кривая 3), 18 (кривая 4) и 26 нм (кривая 5) и представленные на рис. 1, иллюстрируют эффективность предлагаемого подхода. Следует отметить, что данная техника позволяет контролировать и состояние поверхности металлического слоя.

В настоящее время ведутся активные работы по исследованию свойств полупроводниковых материалов, в частности и изучению физико-химические процессов, протекающих на поверхности кремния, поэтому результаты исследования оптических характеристик приповерхностных слоев в кремниевых подложках (КДБ), модифицированных в плазме тлеющего газового разряда, и их зависимости от технологических режимов модификации, представляют также определенный интерес. В качестве метода исследования также использован метод рефлектометрии. Результаты измерений для исходного и модифицированного кремния свидетельствуют о различии угловых зависимостей коэффициента отражения, что может свидетельствовать об изменении свойств приповерхностного слоя в кремниевой подложке. Полученные результаты представляют практический интерес для создания полупроводниковых материалов с новыми свойствами.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. **Khomchenko, A. V.** Waveguide spectroscopy of thin films / A. V. Khomchenko. – New York. AcademicPress. – 2005.

(около 3 мм/с). В этой зоне залегает графит отжига, имеющий точечное и междендритное распределение с $ПГ_д$ = 15÷25. С удалением от наружной поверхности скорость затвердевания снижается до 0,3–0,5 мм/с. Внутренняя зона стенки отливки характеризуется графитом $ПГ_д$= 45÷90. С уменьшением $S_э$ размер графитовых включений увеличивается, что связано с расширением двухфазной зоны.

Особенно заметное влияние на количество феррита оказывает содержание кремния и условия проведения эвтектоидных превращений. Экранирование группы отливок (25–30 шт.) после извлечения из формы в футерованной камере обеспечивает получение в структуре чугуна до 70 % феррита при содержании кремния 2,5 %. Охлаждение отливок на воздухе снижает содержание феррита в 2,0–2,5 раза, а при уменьшении кремния до 1,8 % при $S_э$ = 0,80÷0,83 его содержание не превышает 3 %.

На количество цементита, (особенно в наружной зоне) наибольшее влияние оказывает $\tau_ф$, $\nu_{ох}$ и $C_к$. При $\tau_ф \leq$ 30 с и выдержке отливки в футерованной камере после извлечения из формы в течение 100–150 с цементит в структуре чугуна, практически, отсутствует. Увеличение $\tau_ф$ до 70÷80 с приводит к появлению в наружной зоне отливок до 15 % цементита. В этом случае отливки сразу после извлечения из формы помещали в печь, при температуре 950 ^oC, выдерживали около 30 мин., а затем охлаждали на воздухе.

Анализ показал, что конечная структура чугуна характеризуется наличием равномерно распределенного пластинчатого графита $ПГ_р1$ прямолинейной формы $ПГ_ф1$ длиной $ПГ_д$ 15–25 мкм. Металлическая основа представляет собой пластинчатый перлит П100, ПД 0,3–0,5.

По описанной технологии изготавливались опытно-промышленные партии заготовок червячных колес ГУД 2334А из специального чугуна для ОАО «Могилевхимволокно». Установлено, что средний ресурс редукторов с чугунными колесами, с утолщенным профилем в 6,74; 3,09; 2,48 раз выше, чем ресурс редукторов с бронзовыми колесами, соответственно, БрА9Ж4, БрО10НФ1, БрА9Ж4 улучшенная.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Принципиально новый эффективный процесс литья полых цилиндрических заготовок из чугуна методом направленного затвердевания / Е. И. Марукович, В. Ф. Бевза, В. П. Груша // Литье и металлургия. – 2010. – № 3. – С. 21–24.

2. **Бунин, К. П.** Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. М. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М. : Металлургия, 1969. – 416 с.

УДК 621.762

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

М. А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, А. А. КУРИЛЁНОК, И. А. СОСНОВСКИЙ, *О. О. КУЗНЕЧИК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
*Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В процессе создания и производства дифференциалов карьерной техники, содержащих в своем составе высоконагруженные детали узлов трения (например, втулки сателлитов дифференциалов гидродинамической трансмиссии карьерного самосвала), важно обеспечить надежность в эксплуатации, а также высокие прочностные и триботехнические свойства изделий.

Одним из наиболее эффективных методов повышения физико-механических и эксплуатационных свойств внутренних поверхностей высоконагруженных триботехнических изделий является центробежная индукционная наплавка антифрикционных покрытий на основе медных сплавов, содержащих наноразмерные частицы тугоплавких оксидов, нитридов, боридов и карбидов, а также частицы металлов, которые не взаимодействует с матрицей порошкового материала и по отношению к ней, обладают повышенной твердостью.

С учетом этого разработана технология, которая в отличие от обычной центробежной индукционной наплавки антифрикционных покрытий из оловянисто-фосфористой бронзы Бр.ОФ-10-0,3, за счет добавления в порошковую шихту модификаторов в виде добавок (1–3 %) на основе бемита и гидроксида алюминия, позволяет, как показано на рис.1, получать в наплавляемом слое более мелкозернистую структуру.

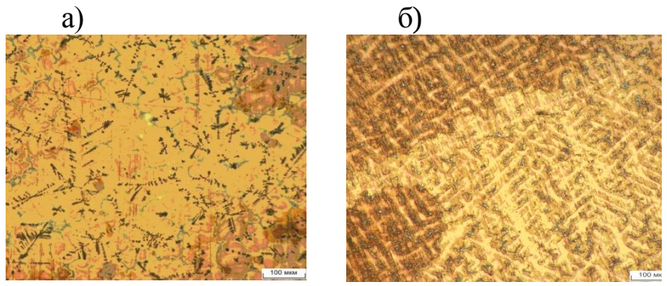


Рис. 1. Структура покрытий после индукционной центробежной наплавки: а – с модификаторами; б – без модификаторов

УДК 535.32: 621.378

РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЕВ НА КРЕМНИИ

А. В. ХОМЧЕНКО, И. А. КОРНЕЕВА, И. У. ПРИМАК, П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Оптический контроль наноразмерных покрытий представляет определенный интерес для микроэлектроники. Одним из методов контроля параметров металлических наноразмерных слоев является ПЭВ-спектроскопия, основанная на обработке угловой зависимости коэффициента отражения светового пучка $R(\gamma)$ при возбуждении плазмонных мод. Для измерения $R(\gamma)$ обычно используется установка, принципиальная схема которой приведена в [1]. В работе представлены результаты измерения для пленок из алюминия и золота. Полученные зависимости $R(\gamma)$ для пленки Au приведены на рис. 1.

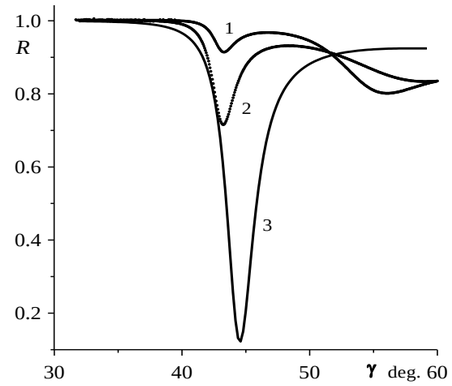


Рис. 1. Зависимости $R(\gamma)$ для пленки Au на подложке, измеренные при различной величине воздушного зазора между призмой и пленкой (кривые 1, 2), 3 – расчетная кривая для плазмонного резонанса в пленке золота при n = 0,14 и χ = 3,41 (**n** = n + iχ), λ = 0,633 мкм

Показано, что для пленок металла толщиной в диапазоне от 5 нм до 0,2 мкм, предлагаемый подход достаточно эффективен (погрешности восстановления параметров не превышают 10 %).

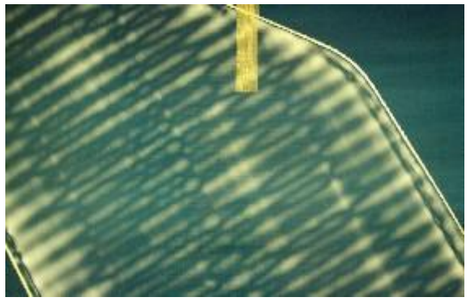
При измерении параметров металлических пленок было замечено, что погрешность измерений уменьшается при увеличении толщины буферного слоя, что позволило предложить отказаться от использования призмы связи в установке для волноводной спектроскопии (считая толщину буферного слоя бесконечно большой). В таком случае параметры металлического слоя (комплексный показатель преломления и толщина), толщина которого может со-

УДК 621.658.011

АНАЛИЗ ПОЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ СТЕКЛАХ

А. В. ХОМЧЕНКО, И. У. ПРИМАК, А. Н. ВАСИЛЕНКО, А. В. ЗАЙЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Остаточные напряжения обеспечивают прочность закаленного стекла и обуславливают их безопасную эксплуатацию в автомобиле. Проблема автоматизации их контроля традиционно решается применением сложных программно-аппаратных комплексов, относящихся к классу систем технического зрения, разработка которых ведется в ряде стран мира. В то же время, стекло при наличии в нем механических напряжений, становится анизотропным, и поляризационно-оптические методы исследования возникающего двулучепреломления позволяют оценить величину и распределение этих напряжений. Использование современной цифровой техники в качестве фоторегистрирующего устройства позволяет получать картину, иллюстрирующую распределение напряжений вдоль поверхности стекла. При этом используя поляризатор большого поля и проведя измерения интенсивности света $I^{(1)} = E^2 \sin^2(2\alpha)\sin^2(\delta/2)$ при одном положении системы скрещенных поляризаторов, а затем повернув эту систему на угол 45^0 от их прежнего положения измерим интенсивность света $I^{(2)} = E^2 \sin^2(2(\alpha + 45^0))\sin^2(\delta/2) = E^2 \cos^2(2\alpha)\sin^2(\delta/2)$. Величины $I^{(1)}$ и $I^{(2)}$ зависят от угла α (этот угол и является причиной возникновения в картине распределений разности фаз вдоль поверхности стекла, так называемых изоклин), а их сумма $I^{(s)} = I^{(1)} + I^{(2)} = E^2 \sin^2(\delta/2)$ уже не зависит от него для любой точки исследуемого образца. Осуществляя измерения $I^{(s)}$ в каждой точке стекла, получаем истинную картину распределений δ вдоль его поверхности неискаженную изоклинами. Учитывая, что коэффициент пропускания установки в каждой точке стекла связан с главными значениями напряжений, такие измерения позволяют оценить анизотропию стекла.



Таким образом, измеряя распределение интенсивности света можно анализировать и оценивать величину механических напряжений, возникающих в каждой точке стекла.

Сравнительные результаты металлографических исследований и механические испытания экспериментальных покрытий, полученных в результате индукционной центробежной наплавки оловянисто-фосфорной бронзы с использованием наноразмерных модификаторов и без их использования, показали, что в зависимости от количества модификаторов в наплавляемом материале физико-механические показатели изменяются следующим образом:

– увеличивается микротвердость на 20–50 %;

– снижается коэффициент трения на 20–25 %;

– возрастает износостойкость на 15–25 %.

Установлено:

– при количестве модификаторов до 1–2 % в порошковой шихте наблюдается наибольшее (на 20–25 %) увеличение относительной износостойкости покрытия за счет повышенного содержания $\alpha + \beta$ – фазы в структуре сплава $Cu_{31}Sn_8$, (в этом случае относительная микротвердость увеличивается в пределах от 20 до 50 %);

– при наличии модификаторов до 2–3 % в порошковой шихте наблюдается наибольшее снижение (20–25 %) коэффициента трения поверхности наплавленного покрытия, повышение его относительной микротвердости на 40–50 %, правда в этом относительная износостойкость не превышает 15–20 % из-за повышенного содержания δ – фазы в структуре сплава $Cu_{31}Sn_8$, которая делает этот материал более хрупким.

Сравнительные эксплуатационные испытания опытных деталей с антифрикционными покрытиями, полученными при индукционной центробежной наплавке с использованием наноразмерных модификаторов и без их использования, показали, что в первом случае долговечность деталей в среднем на 15–20 % выше, чем во втором.

УДК 539.216.2

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧУГУННЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК, В. В. БАТРАК, М. И. САЗОНОВ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

В данной работе предлагается применить поверхностную термообработку детали (ПУ), как наиболее полно обеспечивающую оптимальное сочетание величины вязкости сердцевины детали с высокой поверхностной твердостью. Такое упрочнение реализуется путем локальной закалки при помощи быстро перемещающегося высокоинтенсивного высококонцентрированного источника тепла, а именно – плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока мощностью до 1,0 кВт с высоким тепловым КПД.

Плазменное упрочнение деталей характеризуется рядом преимуществ:

– соответствующей расчетной глубиной закалки детали лишь в зоне износа;

– при ПУ твердость поверхностного слоя заметно выше, чем при объемной закалке;

– отсутствие термических деформаций изготовляемой детали благодаря локальности и кратковременности взаимодействия плазмы с поверхностью металла;

– закалка производится в одну стадию без необходимости последующей механической обработки.

Создана установка, которая состоит из плазмотрона постоянного тока, силового источника питания дуги, устройства ВЧ-поджига дуги, систем газоснабжения плазмотрона аргоном и азотом, а также его водоохлаждения. Для разработки процесса поверхностного плазменного упрочнения были изготовлены образцы из высокопрочного чугуна марки ВЧ 100. Плазменная закалка производилась при токах дуги I = 6–32 А. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, причем в плазмотроне было применено обжимающее сопло с диаметром отверстия, равном 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с. В результате проведенных экспериментов обработки и их результатов были определены оптимальные параметры процесса поверхностного упрочнения: скорость перемещения плазмотрона V = 11–13 мм/с, ток дуги I = 22 А, расход защитного газа Q_{N2}=3,1 л/мин.

Исследована микротвердость поверхностного слоя в зависимости от расхода аргона, тока дуги, скорости перемещения плазмотрона. На рис. 1 представлено типичное распределение микротвердости по глубине «дорожки», при скорости перемещения плазмотрона, равной 12 мм/с.

(нулевой) и λ_2 (m-й). Выражение для определения толщины верхнего слоя имеет вид:

$$d_1 = \frac{\left[2m\pi + \varphi_{123}(\lambda_1) - \varphi_{123}(\lambda_2) - \varphi_{01}(\lambda_1) + \varphi_{01}(\lambda_2)\right]\lambda_1\lambda_2}{4\pi\left[\lambda_2 n_1(\lambda_1) - \lambda_1 n_1(\lambda_2)\right]}.$$

Фазы коэффициентов Френеля на границах воздух – слой pSi ($\varphi_{01}(\lambda)$) и слой pSi подложка SiO_2–cSi ($\varphi_{123}(\lambda)$) легко рассчитываются аналитически при известных d_2 и дисперсионных функциях слоев и подложки $N_1(\lambda)$, $N_2(\lambda)$ и $N_3(\lambda)$. На рис. 2 представлены спектр отражения обсуждаемой структуры, измеренный на спектрофотометре MPV–SP при нормальном падении света, и огибающие максимумов и минимумов.

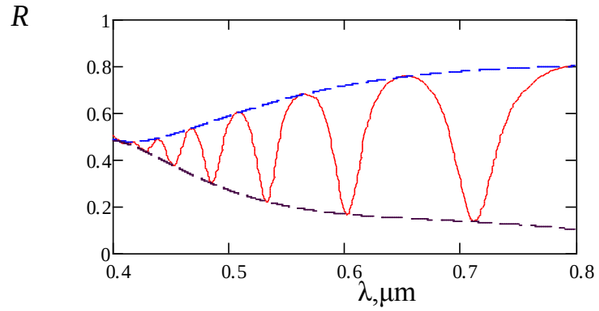


Рис. 2. Спектр отражения структуры pSi–SiO_2–cSi

Для определения толщины слоя pSi $d_1 = (0,42 \pm 0,02)\mu m$ комбинировали максимумы, отстоящие друг от друга на разное число m. Расчет толщины этого слоя можно проводить подобным образом по положению в спектре минимумов или минимумов и максимумов. При этом необходимо учесть, что усиление интерферирующих лучей происходит при разности фаз кратной 2π, а гашение – при разности хода кратной π. Для оценки возможностей предложенного метода толщину слоя поликремния определяли более точно методом многоугловой эллипсометрии на лазерном ($\lambda = 0,6328\mu m$) эллипсометре ЛЭФ3М ($d_1 = 0,438\mu m$) по специальной программе, которая позволяла находить восемь параметров двухслойной структуры на подложке.

Таким образом, предложенный метод позволяет достаточно точно определить толщину слоя поликремния в структуре ПДП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Филиппов, В. В.** Аналитический метод определения оптических постоянных и толщины поглощающих пленок по спектрам отражения / В. В. Филиппов // Оптика и спектроскопия. – 1995. – Т. 78. – № 5. – С. 798–801.

2. **Комраков, В. М.** Измерение параметров оптических покрытий / В. М. Комраков, Б. А. Шапочкин // Машиностроение. – 1986. – 136с.

УДК 535.51

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ В ПДП СТРУКТУРЕ

Н. И. СТАСЬКОВ, С. О. ПАРАШКОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Кремний и его соединения представляют практический интерес для производства наноразмерных структур полупроводник-диэлектрик-полупроводник (ПДП), которые используются в микро и оптоэлектронном приборостроении. В связи с этим особый интерес представляет разработка неразрушающего метода контроля толщины слоя pSi (d_1), нанесенного на слой оксида кремния $SiO_2(d_2)$. Оба слоя находятся на подложке cSi (рис. 1).

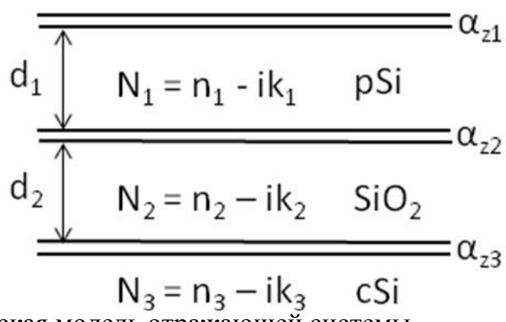


Рис.1. Оптическая модель отражающей системы.

Исследование данной структуры методами эллипсометрии основывается на двухслойной модели, либо на определении сложной многопараметрической функции $N(y) = n(y) - ik(y)$ (ось y направлена внутрь структуры), которая учитывает неоднородный поверхностный слой (α_{z1}) и два переходных (α_{z2} и α_{z3}) слоя. Определение толщин в таких случаях проводится численно и сопряжено с известными трудностями. В настоящее время, одним из наиболее перспективных оптических методов определения толщины считается отражательная интерференционная спектрофотометрия [1, 2]. При толщине хотя бы одного слоя d_1 или d_2 соизмеримой с длиной волны (λ) падающего на структуру света в спектре отражательной способности наблюдаются максимумы и минимумы. Положение этих экстремумов позволяет аналитически определить толщину слоя pSi. Например, при использовании двух максимумов, положение которых в спектре характеризуется длинами волн λ_1

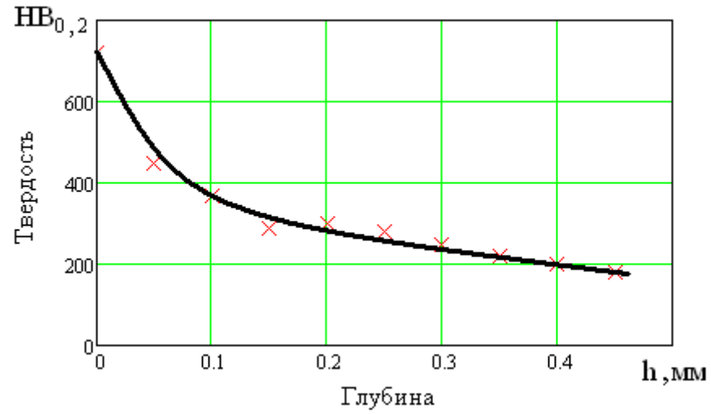


Рис. 1. Распределение микротвердости упрочненного слоя по глубине «дорожки»

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что микротвердость материала уменьшается с увеличением глубины слоя. Максимальное значение достигается на поверхности образца и составляет 720 HB.

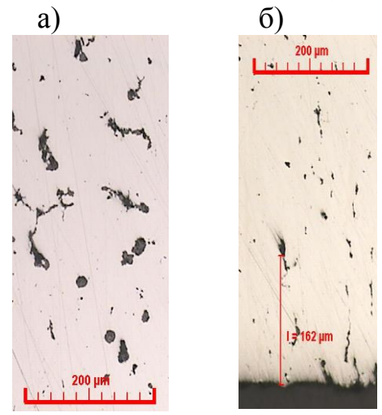


Рис. 2. Микроструктура чугуна (ВЧ 100): а – до поверхностной плазменной закалки; б – после поверхностной плазменной закалки

В исходном состоянии чугун содержит графит шаровидный в сочетании с пластинчатым в виде мелких и средних включений (рис. 2, а). При металлографическом исследовании шлифов чугунных образцов (рис. 2, б) было установлено, что при воздействии плазмы происходит растворение шаровидного графита, а пластинчатый - вид мелких включений.

С помощью данной обработки были увеличены отбеленные слои «белый излом», характеризующийся низкой вязкостью. На основании изучения фотографий микроструктур можно предположить, что это обуславливается выделением карбидов и других включений.

В поверхностном слое микроструктура состоит из ледебурита, цементита, карбидов мартенсита и троостита переходящего в перлит, и далее переходит в исходное состояние.

УДК 621.762

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЛЕНТЫ АМОРФИЗИРУЮЩЕГОСЯ СПЛАВА В ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

М. Н. ВЕРЕЩАГИН, С. И. КИРИЛЮК
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Аморфные и микрокристаллические сплавы обладают высокими физико-механическими свойствами, прочностью при высокой пластичности, ударной вязкостью, коррозионной стойкостью и др. Поэтому размол аморфных и микрокристаллических сплавов производят в высоконергетически напряженных измельчающих аппаратах, вибромельницах, аттриторах, планетарных мельницах и др.

Планетарные мельницы отличаются простотой конструкции, удобством в эксплуатации. В результате размола в планетарных мельницах получают материал с более равномерным распределением частиц по размерам. Размол в планетарной мельнице относится к наиболее производительным видам механического измельчения, обеспечивающим получение при достаточно высокой производительности порошков высокой дисперсности. Однако процесс измельчения аморфных материалов в аппаратах этого вида всесторонне не изучен. В связи с этим, в настоящей работе, проводились исследования по определению механизма размола аморфных лент, а также по установлению некоторых закономерностей и технологических особенностей размола в планетарной мельнице аморфных лент, полученных быстрой закалкой расплава.

Исходным материалом служили кусочки ленты аморфизирующегося сложнолегированного сплава Me-B-Si, полученные спинингованием расплава на медный диск. Скорость охлаждения находилась в пределах 10^5–10^6 К/с, лента имела структуру близкую к аморфной. Дифференциально-термический и рентгеновский анализы показали, что структура аморфных сплавов не содержит в себе кристаллической фазы. На дифрактограмме отсутствовали максимумы кристаллической фазы, а на кривых ДТА при нагреве наблюдался сдвоенный экзотермический пик, эндотермический аналог которого при охлаждении отсутствовал, что подтверждает образование аморфной структуры. Измельчали их в планетарной мельнице при следующих технологических режимах: рабочий объем стакана 0,55 л, число оборотов мельницы n=200 об/мин, мелющими телами служили шарики из стали ШХ15 различного диаметра.

Измельчение в планетарной мельнице отчасти сравнимо с таковым в обычных шаровых гравитационных мельницах, оно осуществляется благодаря энергии удара шаров по измельчаемому материалу и частичному исти-

для компоненты электрического поля ТЕ поляризации в областях внутренних воздушных каналов и в окружающей среде, соответственно; P_s и P_i – мощности рассеянного и падающего пучков. Таблица относится к $A = 35$ мкм, $\Lambda = 3{,}080$ мкм, $a = 0{,}583$ мкм.

Табл. 1. Энергетический баланс при различных m и n

№	m	n	P_s / P_i
1	0	100	0,95359
2	2	120	0,93039
3	4	140	0,96345
4	6	160	0,96185
5	8	180	0,99870
6	10	200	1,00000
7	12	220	1,00000

На рис. 1. представлены угловые распределения интенсивности рассеянного света при параметрах МВ, находящихся в окрестности условий коллапса образующих воздушных каналов.

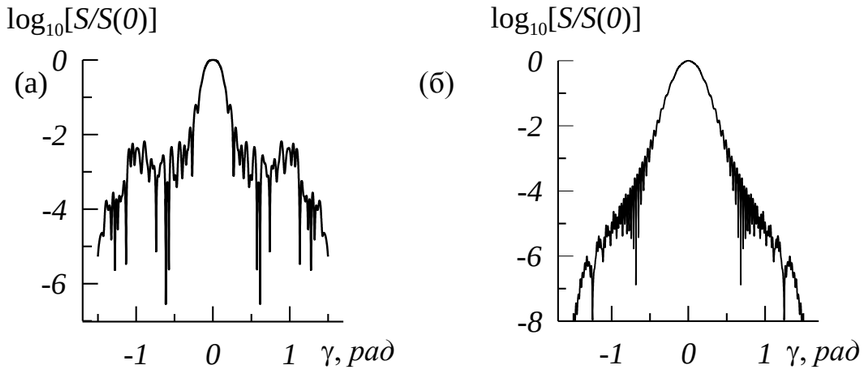


Рис. 1. Распределения $S(\gamma)$ при возбуждении МВ с $A = 19$ мкм ($\Lambda = 1{,}672$ мкм, $a = 0{,}089$ мкм) (а) и $A = 18$ мкм ($\Lambda = 1{,}584$ мкм, $a = 0$ мкм) (б) гауссовым пучком ТЕ поляризации

Из рис. 1. видно, что коллапс воздушных каналов приводит к качественной перестройке распределения $S(\gamma)$, что можно использовать при отработке технологии изготовления микроструктурных тейперов.

УДК 681.7.068

ДИФРАКЦИЯ ГАУССОВА ПУЧКА НА МИКРОСТРУКТУРНОМ ВОЛОКНЕ

Л. И. СОТСКАЯ, *О. А. БЕЛЬСКАЯ, *А. Б. СОТСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Из экспериментов известно, что интенсивность рассеянного света при поперечном освещении микроструктурного волокна (МВ) чувствительна к его внутренней структуре. Это открывает возможность неразрушающего контроля параметров МВ путем измерения углового распределения названной интенсивности $S(\gamma)$. Такой контроль актуален при изготовлении микроструктурных тейперов в частотных фильтрах и оптических сенсорах. Исследование поперечной дифракции света на МВ представляет интерес также в связи с разработкой чувствительных элементов оптических сенсоров деформации объектов и перестраиваемых за счет модификации заполняющих внутренние микропоры МВ сред дифракционных элементов. Подобные расчеты могут быть использованы и для оценок границ применимости моделей диэлектрической проницаемости композитных сред.

В настоящей работе представлен строгий метод расчета $S(\gamma)$. Здесь с использованием теоремы Грина и теоремы сложения цилиндрических функций Графа впервые получено решение двумерной задачи о поперечной дифракции ограниченного гауссова пучка на микроструктурном волокне, образованном системой конечного числа параллельных воздушных цилиндров, заключенных в оболочку. Показано, что данное решение может быть использовано для построения углового распределения интенсивности дальнего поля при дифракции на микроструктурном волокне трехмерного пучка. Рассчитаны дифракционные поля, имеющие место при поперечном освещении микроструктурных волокон сфокусированными гауссовыми пучками TE и TM поляризации.

Ниже приведены некоторые результаты расчета дифракционных полей, возникающих при поперечном освещении кварцевого МВ, образованного 4 гексагональными кольцами воздушных каналов радиуса a сфокусированным гауссовым пучком радиуса $w = 5$ мкм. Период гексагональной решетки и радиус оболочки волокна равны Λ и A, соответственно. Длина волны излучения составляет $0{,}6328$ мкм.

Таблица иллюстрирует внутреннюю сходимость разработанного метода. Здесь m и n – порядки редукции рядов Фурье по угловой переменной

ранию его между шарами. В планетарной мельнице энергия удара мелющих тел может в 10–50 раз превышать ускорение силы тяжести, ввиду чего это – высокоэффективные аппараты с коротким циклом измельчения.

При изучении зависимости степени измельчения от количества мелющих шаров оптимальная загрузка шаров составляла 60–70 %-ной загрузки рабочего объема. Так как при малом количестве шаров уменьшается число ударов по частицам порошка, тогда как при большом содержании шаров в результате сокращения пути движения, значительно уменьшается их кинетическая энергия. В результате исследования установлено, что наиболее оптимальным является сочетание как шаров меньшего диаметра, так и шаров большего диаметра. Шары большего диаметра, обладая большей кинетической энергией, обладают и большей энергией удара, а шары меньшего диаметра обеспечивают большее количество точек соприкосновения, что в свою очередь также способствует измельчению, улучшает качество измельчения.

Исследование влияния количества загружаемого в барабан материала на выход фракции с максимальной дисперсностью показало, что оптимальная доза шихты должна занимать 15–20 % объема стакана, причем на начальном этапе размола может достигать 30–40 %. Уменьшение этого количества приводит к увеличению намола материала мелющих тел, увеличение количества шихты значительно понижает эффективность размола.

Размол производился в планетарной мельнице фирмы «*Fritch*». Процесс измельчения протекал в течение 60 мин. Контроль проводился через – 15, 30, 45, 60 мин. На первом этапе наблюдалось интенсивное измельчение ленты и уменьшение объема шихты. После 30 минут размола основную массу составляли частицы с размером близким к одному миллиметру. Далее происходило менее интенсивное уменьшение размеров частиц, причем наблюдалось почернение порошка, что связано с увеличением намолота материала размольных тел и футеровки. После 60 минут размола порошок имел следующий фракционный состав; менее >0,05 мм – 14,5 %; > 0,063 мм – 17,8 %; > 0,1 мм – 25,8 %; > 0,16 мм – 28, 6 %; > 0,2 мм –1 0,5 % ; > 0,315 мм – 2,5 %; > 0,4 мм – 0,2 %; >0,63 мм – 0,1 %. Фракционный состав определялся с помощью ситового анализа. После размола производили исследование структуры порошка. Травление порошка составами азотной кислоты ничего не дало. Это обусловлено аморфным состоянием частиц порошка, т. е сохранением исходного аморфного состояния, т. к. аморфные сплавы отличаются повышенной стойкостью к кислотам.

На основании проведенного исследования следует сделать вывод, что наиболее оптимальным способом получения мелкодисперсных равноосных порошков с аморфной структурой, является измельчение быстрозакаленных лент в высокоэнергонапряженных измельчающих аппаратах аттриторах и планетарных мельницах. При этом сохраняется исходная аморфная структура и имеется возможность получить требуемый размер фракции порошка в зависимости от продолжительности размола.

УДК 621.785

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЕЧЕННЫХ СТАЛЕЙ

Т. В. ВЫСОЦКИЙ, В. Т. ВЫСОЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Исследование износостойкости проводили для спеченной стали, содержащей: железо – основа, молибдена – 0,4 %, никеля – 2,0 %, меди – 0,4 %, подвергнутой цементации и термической обработке. Образцы для изнашивания получали прессованием шихты в съемных стальных пресс-формах, цементации в древесноугольном карбюризаторе при температуре 960 °С в течение 6 ч, закалке в масле с температуры 800 °С, отпуску при 180 °С в течение 2 ч. Состав стали и режимы обработки материала определены и оптимизированы в результате более ранних исследований. Плотность образцов составляла 85 %.

Исследование износостойкости материала проводили в условиях сухого трения скольжения на машине СМЦ-2 по схеме «диск-колодка». Контртелом служил диск из стали Р6М5 с твердостью HRC 60…62. Путь трения во всех случаях составлял 10000 м. Износ определяли по потере массы в кг/($м^2$·м). Взвешивание образцов до и после испытаний производили на аналитических весах ВЛА-200-М с точностью 10^{-7} кг.

Исследование износостойкости образцов проводили с применением метода математического планирования эксперимента. В качестве независимых переменных выбраны: X_1 – удельная нагрузка, изменявшаяся в пределах от 0,98 до 1,96 МПа; X_2 – скорость скольжения, которая варьировалась в пределах от 0,8 до 1,6 м/с.

Параметром оптимизации Y являлся приведенный износ в кг/($м^2$·м).

В работе реализован центральный ортогональный план второго порядка. Число уровней каждого фактора в этом случае равно 5 (-α, -1, 0, +1, +α), где ±α – так называемые «звездные точки».

Поскольку априори не известно, какой вид имеет поверхность отклика в исследуемых интервалах варьирования факторов и полиномом какой степени ее можно описать, задачу решали в следующей последовательности. На первом этапе ставили полный факторный эксперимент 2^2. Однако описать поверхность отклика линейным уравнением не удалось. Следовательно, для описания исследуемого процесса требуется математическая модель более высокого порядка. Для ее получения ранее реализованный план был достроен до плана второго порядка путем дополнения опытами в «звездных точках» (с плечом α = 1,0) и опытом в центре плана (при значениях: удельная нагрузка – 1,47 МПа; скорость скольжения – 1,2 м/с).

ственную ливневую канализацию. Водоотведение заводом в городской коллектор производится через два выпуска промышленных стоков и один выпуск – хозяйственно-фекальной канализации, где исключено попадание тяжелых металлов. Ежегодное водоотведение завода колеблется в пределах 100–120 тыс.$м^3$, в том числе хозяйственно-бытовые воды – 65–75 тыс.$м^3$, производственные 40–50 тыс.$м^3$. На предприятии имеются локальные очистные сооружения в составе которых следующее оборудование: накопители стоков, блок известкового раствора, отстойник, вакуум-фильтры, емкость для приготовления реагентов. Среднегодовое очищение гальваностоков на локальных очистных сооружениях 6 тыс. $м^3$. На РУПП «ВЗРД «МОНОЛИТ» имеются точки контроля сточных вод хозяйственно-бытовой канализации (12 точек отбора проб) и производственной ливневой канализации (5 точек отбора проб). По результатам исследований установлено, что основными загрязняющими веществами в составе сточных вод являются нефтепродукты, взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, медь, цинк, однако превышений ПДК нет.

В настоящее время существует большое число различных способов и устройств сбора и удаления нефтяных загрязнений с поверхности воды, однако, проблема очистки промышленных стоков от нефтяных загрязнений является по-прежнему актуальной. Существующие способы и технологии часто являются трудо- и энергоемкими, а поэтому дорогостоящими и не всегда эффективными. Нами разработана система для автоматического улавливания и сбора, плавающих на поверхности воды нефтяных загрязнений [2], которая может быть использована для улавливания и удаления нефти и нефтепродуктов из сточных коллекторов, а также с поверхности открытых водотоков небольшой ширины. Система включает боновое заграждение, состоящее из полых поплавков, между которыми размещены продольные горизонтальные полосы, образующие вместе горизонтальные жалюзи, транспортерную ленту со сборными лопатками, установленную впереди бонового заграждения на барабанах, закрепленных на раме и приемное устройство с отстойной емкостью. Система также снабжена двумя электроприводами с двумя реле и датчиком.

Анализ проведенных исследований позволяет дать рекомендации о целесообразности внедрения системы очистки сточных вод от нефтяных загрязнений на промышленных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Савенок, В. Е.** Очистка сточных вод от нефтяных загрязнений / В. Е. Савенок, С. А. Чепелов, А. А. Добатовкина // Актуальные проблемы экологии : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Гродно 23–25 октября 2013 г. / ГрГУ им Я. Купалы, 2013. –Ч. 2.– С. 121–122.

2. **Заявка на изобретение a20121697 BY, МПК E02B 15/04.** Система для автоматического улавливания и сбора, плавающих на поверхности воды нефтяных загрязнений / В. Е. Савенок, А. А. Шишакова,С. А. Чепелов ; заявитель Витебский гос. ун-т им. П. М. Машерова. – a20121697; заявл. 05.12.12 // Приоритетная справка Нац. Центра интеллект. собственности РБ от 13.02.13.

УДК 504.5:628.33

КОНТРОЛЬ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

В. Е. САВЕНОК, А. А. ДОБАТОВКИНА, *А.С. МАРУЩАК
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. П. М. Машерова»
*Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Витебск, Беларусь

В настоящее время вопросы экологии промышленного производства особенно актуальны. В Республике Беларусь широко осуществляются мероприятия по охране окружающей среды, в частности по очистке производственных сточных вод. Общеизвестно, что экологическая напряженность обусловлена низким уровнем технологий и усугубляется несовершенством очистных сооружений. Все промышленные объекты имеют различные загрязняющие вещества в сточных водах, номенклатура которых зависит как от технологии производства и совершенства технологических процессов, так и от объемов производства, обуславливающих расход воды на единицу продукции [1]. Количественный состав загрязнителей обусловлен режимом и объемами работы предприятия в целом и его структурных подразделений.

Целью нашей работы было проведение анализа системы контроля качества сточных вод на промышленных предприятиях города Витебска, а также разработка технических мероприятий, позволяющих улучшить очистку сточных вод перед сбросом их в городской коллектор.

В качестве базовых рассматривались очистные сооружения РУПП «Витязь» и РУПП «ВЗРД «Монолит». Очистные сооружения промышленной канализации РУПП «Витязь» расположены на 4 уровнях и имеют общую площадь 1100 м^2 и предназначены для очистки промышленных стоков. Основной задачей очистных сооружений является доведение до норм предельно допустимых концентраций (ПДК) сбрасываемых стоков и сведение к минимуму экологического ущерба, наносимыми этими сточными водами. Контроль за работой очистных сооружений осуществляется лабораторией участка и лабораторией охраны окружающей среды и промышленной санитарии по графику. Одним из основных контролируемых параметров является содержание нефтепродуктов в сточных водах. Проведенный авторами периодический контроль путем отбора проб в течении года, показывает, что среднегодовое содержание нефтепродуктов в сточных водах превышает норму. Среднемесячные данные периодического контроля свидетельствуют, что на заводе существует проблема очистки сточных вод от нефтепродуктов, главным образом технических масел.

РУПП «ВЗРД «Монолит» имеет хозяйственно-фекальную и производ-

В результате решения матрицы планирования в конечном итоге получили окончательное уравнение регрессии, описывающее влияние удельной нагрузки X_1 и скорости скольжения X_2 на износ сложнолегированной порошковой стали:

$$\mathrm{Y} = 10^{-5} \times \left(11{,}2 + 2{,}8X_1 + 4{,}8X_2 + 1{,}8X_1 \times X_2 + 3{,}8X_2^2\right).$$

Перевод кодированных значений факторов в натуральные осуществляется по формулам:

$$X_1 = \frac{\mathrm{P} - 1{,}47}{0{,}49}\ ; \qquad X_2 = \frac{\mathrm{V} - 1{,}2}{0{,}4},$$

где P – натуральное значение удельной нагрузки в МПа;V – натуральное значение скорости скольжения в м/с.

Гипотезу об адекватности модели проверяли с помощью F-критерия, при этом гипотеза об адекватности полученной модели не отвергается.

Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что наибольшее влияние на износ стали оказывает скорость скольжения. В районе низких удельных давлений увеличение скорости ведет вначале к некоторому снижению износа, затем к его возрастанию. Металлографический анализ поверхностей трения показывает, что характер износа во всех исследованных интервалах скоростей скольжения (от 0,8 до 1,6 м/с) и удельных нагрузок (от 0,8 до 1,96 МПа) окислительный. Поверхности трения блестящие, без следов схватывания и задиров. При положении одного из исследуемых факторов на нижнем уровне сталь обладает высокой износостойкостью. Увеличение скорости скольжения и удельной нагрузки приводит к повышению температуры в зоне трения, интенсификации процесса образования оксидных пленок и увеличению их толщины, снижению твердости и предела прочности материала. Износостойкость материала при этом снижается.

УДК 667

НОВЫЙ СПОСОБ СОЗДАНИЯ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ МЕЛАМИНОАЛКИДНЫХ СМОЛ

А. И. ГЛОБА, Э. Т. КРУТЬКО, Н. Р. ПРОКОПЧУК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Антикоррозионные защитные покрытия на основе меламиноалкидных смол являются наиболее широко применяемыми в технологии создания защитных покрытий на металлических изделиях и конструкциях.

Известные способы создания защитных покрытий из тоннажно производимого меламиноалкидного лака в настоящее время широко используется в формировании антикоррозионных и декоративных покрытий для автомобилей, автобусов, троллейбусов, комбайнов, тракторов и другой техники. Но недостатком таких покрытий является их недостаточно высокая твердость и водостойкость.

Цель данного исследования заключалась в повышении коррозионной устойчивости лаковых покрытий, нанесенных на металлические поверхности.

Сущность нового способа создания антикоррозионного покрытия на основе лака МЛ-0136 (ТУ-10-1392-78) состояла в том, что на предварительно подготовленную для создания защитного покрытия металлическую поверхность наносили подслой олигоимида (грунтовочный слой) путем окунания пластины в 10 %-ный раствор олигомалеимидогидроксифенилена в N,N′-диметилформамиде с последующим удалением растворителя при 25 ^{o}C в течение 30 мин. Затем на загрунтованную поверхность металла наносили защитный слой меламиноалкидного лака, модифицированного олигомалеимидогидроксифениленом, отверждали при 130 ^{o}C в течение 30 мин, затем определяли физико-механические и другие свойства лаковых покрытий в соответствии с техническими требованиями к продукции лакокрасочной промышленности.

Подготовку образцов к испытаниям для определения характеристик пленки получаемого покрытия по внешнему виду, эластичности, адгезии, твердости проводили по ГОСТ 8832-76. Внешний вид определяли после охлаждения визуально, при рассеянном свете. Определение эластичности пленки проводили по ГОСТ 6806-78; определение твердости пленки проводили по ГОСТ 5233-89 на стеклянной пластине. Адгезию к металлическим подложкам определяли по методу решетчатого надреза в соответствии с ГОСТ 15140-78. Коррозионную устойчивость металлических поверхностей, защищенных лаковым покрытием, к воздействию влаги оценивали по време-

УДК 620.179

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

А. Н. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Магистральные трубопроводы, несмотря на внешнюю конструктивную простоту, обладают сложной схемой действующих силовых воздействий (в том числе периодических, протекающих за короткий промежуток времени), поэтому эпизодическое диагностическое обследование участков линейной части методами дефектоскопии не в полной мере позволяет оценить их техническое состояние.

Для решения этой проблемы требуется информация о нагрузках и воздействиях на трубопровод, имеющих место в различные периоды эксплуатации, распределение напряженно-деформированного состояния (НДС), что сделает возможным оценить надежность и остаточный ресурс конструкции. Знание параметров напряженно-деформированного состояния позволяет обоснованно назначать мероприятия по их снижению, например, снятие напряжений путем вырезки части напряженного участка трубопровода, путем регулирования уровня опор, спрямления изогнутых участков трубопровода.

Следует отметить, что анализ НДС магистральных трубопроводов, базирующийся на методах сопротивления материалов и строительной механики, не позволяет провести анализ прочности трубопроводов с требуемой точностью. В некоторых случаях можно получить неверную картину НДС конструкции, так как неизвестно первоначальное положение трубопровода, не учитывается наличие труб упругопластического гнутья, а также сварных швов, выполненных не перпендикулярно оси трубопровода.

В попытках оценить НДС интенсивно применяются численные методы расчетов трубопроводов. Среди этих методов наибольшее распространение получил метод конечных элементов, который представлен универсальными программными продуктами «ANSYS», «LS-DYNA», «MSC/NASTRAN», «ABAQUS» и другими.

Наиболее целесообразно использовать физические методы определения напряжений, которые регистрируют текущее изменение физической характеристики металла трубы в точке контроля. При реализации физических методов измерения НДС требуются адаптация для применения на действующих нефтепроводах в трассовых условиях, а также в условиях промышленных площадок насосных и компрессорных станций.

УДК 620.179

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ РАССЛОЕНИЙ

В. Ф. ПОЗДНЯКОВ, А. Н. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При обследовании оборудования опасных производственных объектов нередки случаи обнаружения расслоений, вызванных как технологией изготовления проката, так и воздействием в процессе эксплуатации агрессивных технологических сред. Выявление расслоений в металле обследуемых устройств не производится целенаправленно, а происходит в процессе измерения толщины в равномерно распределенных контрольных точках.

Для установления границ расслоения металла и его местоположения по толщине применяют сплошное сканирование или пошаговый контроль участков поверхности ультразвуковым толщиномером или дефектоскопом. Обнаружение расслоений основано на свойстве ультразвука отражаться от граничных поверхностей. При использовании ультразвукового дефектоскопа расслоение идентифицируется появлением эхо-сигнала в стробируемой зоне и экранированием донного эхо-импульса. В случае применения ультразвукового толщиномера, признаком расслоения служит появление показаний измеренной толщины, существенно отличающихся в меньшую сторону от ожидаемых в данных условиях. Эти методы позволяют выявить плоскостные нарушения сплошности металла, расположенные на любой глубине. Однако на практике встречаются случаи некорректного отождествления с расслоением (перебраковка), обусловленные принципом действия применяемых технических средств. Ультразвуковой толщиномер содержит пороговый дискриминатор, который производит амплитудную селекцию сигнала. В толстостенных объектах внутренняя неоднородность структуры металла может послужить источником импульсов, незначительных по сравнению с донным, но достаточных для фиксации пороговым дискриминатором. В таком случае происходит маскирование донного сигнала и возникает грубая погрешность измерения толщины, зачастую воспринимаемая как расслоение.

Следует отметить, что такого недостатка определения расслоений лишены толщиномеры с А-разверткой, которые в процессе измерения дополнительно индицируют детектированный сигнал, позволяя тем самым избежать ошибки оценки измерений.

Таким образом, при обнаружении толщинометром формальных признаков расслоения следует выполнять экспертный контроль ультразвуковым дефектоскопом для достоверной идентификации расслоения металла.

ни (в часах) появления ржавчины на поверхности металлической (стальной) пластины под слоем защитного покрытия с выдержкой в воде при 20 ^{o}C (начало подпленочной коррозии).

В табл. 1 представлены свойства лаковых покрытий на основе промышленно-произведенного меламиноалкидного лака МЛ-0136 с использованием в качестве модифицирующего компонента олигомалеимидогидроксифенилена, взятого в количестве 0,1÷1,0 % от массы сухой меламиноалкидной смолы.

Табл. 1. Состав и свойства лаковых покрытий

Наименование параметра	Состав композиции									
Наличие олигомерного подслоя	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет
Твердость по маятнику, отн. ед.	0,58	0,58	0,62	0,62	0,65	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66
Прочность пленки при ударе, кгс·см	55	50	55	50	55	55	60	55	65	60
Эластичность при изгибе, мм	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Адгезия пленки к металлической подложке, балл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Время до начала появления подпленочной коррозии при экспозиции в воде при 20 ^{o}C, ч	600	310	710	370	780	400	840	470	950	550

Как видно из данных табл. 1, создание олигомерного подслоя из олигомалеимидогидроксифенилена позволяет обеспечить достижение максимального балла по адгезии, измеряемой методом решетчатых надрезов при сохранении твердости и эластичности покрытия, в некоторой степени увеличить прочность защитного покрытия при ударе.

Период до появления подпленочной коррозии при экспозиции образцов в воде при 20 ^{o}C возрастает практически втрое по сравнению с покрытием без подслоя. Аналогичная зависимость наблюдается и при увеличении содержания модификатора в верхнем слое покрытия, например, с 310 до 950 часов.

Новый способ формирования антикоррозионных покрытий может быть использован на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь и за ее пределами: Минском автомобильном заводе, Минском тракторном заводе, Белорусском автомобильном заводе и других предприятиях для более эффективной защиты поверхностей металлических изделий от коррозии.

УДК 621.74.047

ЛИТЬЕ ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК НАПРАВЛЕННЫМ ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

В. П. ГРУША
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Производство качественных комплектующих и запасных частей всегда было и остается весьма актуальной задачей. В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разрабатываются технологии получения заготовок, имеющих форму полых тел вращения, из различных типов чугуна для деталей ответственного назначения с использованием преимуществ направленности затвердевания металла [1].

По запросу ЗАО «СИПР с ОП» необходимо было изготовить заготовки для втулок подвижного соединения горнопроходческих комбайнов из высокопрочного чугуна взамен бериллиевой бронзы.

Для получения буртовых отливок диаметром 157 мм (рис. 1, а) с толщиной стенки около 25 мм был спроектирован и изготовлен специальный водоохлаждаемый кристаллизатор с ломаной образующей внутренней поверхности рабочей втулки. Для формирования внутреннего отверстия использовали тонкостенный металлический стержень.

Извлечение отливок из кристаллизатора и их транспортировка на позицию разгрузки осуществлялась с использованием машины для литья намораживанием с возвратно-вращательным перемещением механизма поворота и двумя механизмами вытяжки.

Разработана методика приготовления в индукционной печи ИСТ025 расплава низколегированного чугуна с использованием мелкодисперсных сыпучих отходов (стружки) в количестве до 10 % от общей металлозавалки.

Разработана технология, совмещающая обработку чугуна сфероидизирующими и графитизирующими присадками. Предварительно подогретые добавки сфероидизирующий модификатор с содержанием магния около 6 % (до 1,6 %) и графитизирующий (0,35–0,45 % FeSi 75 + 0,1 % графит ГЛС-3) одновременно загружали на дно ковша, разогретого до температуры 700–900 °С и заливали расплавом из плавильной печи при температуре около 1500 °С.

В полученных заготовках проводили анализ структуры по форме, величине графитовых включений и их количеству. Исследования показали, что при литье в металлический водоохлаждаемый кристаллизатор стабильная, практически полная, сфероидизация графита происходит при условии остаточного содержания магния в чугуне в пределах 0,04–0,07 %.

УДК 620.170

МАГНИТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ УЗЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А. П. МАГИЛИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Большое количество сварных узлов энергетических установок изготавливается из закаливающихся сталей. Особенностью этих сталей является то, что дефекты возникают не только в сварном шве, но и в зоне термического влияния (ЗТВ). При магнитном контроле качества ЗТВ, ввиду ее структурной и химической неоднородности, возникает ряд трудностей при выделении сигнала от дефекта на фоне помех, обусловленных вышеуказанными неоднородностями. Для контроля качества узлов энергетических установок был предложен магнитографический метод, который отличается от других высокой чувствительностью и производительностью. Основные задачи, поставленные в работе, решались теоретическим и экспериментальным путем с применением металлографических исследований. Показано, что топография магнитостатического поля сварных соединений из закаливающихся сталей существенно отличается от топографии магнитостатического поля незакаливающихся сталей. Топография тангенциальной составляющей имеет максимумы не на линии сплавления, как в незакаливающихся сталях, а на участке перегрева, а распределение магнитной индукции в ЗТВ характеризуется наличием максимумов, что ведет к появлению помех. Применение магнитографического метода контроля на остаточной намагниченности позволяет отстроиться от помех, обусловленных структурной и химической неоднородностью ЗТВ. Чувствительность магнитографического метода контроля по остаточной намагниченности можно повысить за счет применения концентраторов магнитной индукции, представляющих собой две пластины прямоугольного сечения, укладываемых под полюсы электромагнита.

Разработан способ намагничивания, позволяющий выявлять разноориентированные дефекты в сварных соединениях за счет применения намагничивающих устройств с тремя полюсами, один из которых устанавливается на сварной шов, а два других по обе стороны от шва. Разработаны унифицированные устройства для намагничивания кольцевых сварных соединений труб различного диаметра, а также устройства для намагничивания труб в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

контроля составила 7 дефектов (раскрытием до 5 мкм), а перебраковка – 0 дефектов (табл. 1).

Табл. 1. Сведения о результатах контроля объектов

Методы контроля	Число допустимых дефектов	Число недопустимых дефектов
Традиционный метод магнитографического контроля	Безусловно допустимые дефекты – 26	Недобраковка – 20
	Перебраковка – 18	Безусловно недопустимые дефекты – 47
Исследуемый способ магнитографического контроля	Безусловно допустимые дефекты – 26	Недобраковка – 7
	Перебраковка – 0	Безусловно недопустимые дефекты – 47

Достоверность контроля определяли по формуле

$$Д = p+Vq,$$

где V = =$(n_г + n_н) : n_\Sigma$ – показатель статистической выявляемости; $n_г$ – количество допустимых дефектов; $n_н$ – количество недопустимых дефектов; $n_\Sigma = n_г + n_н + n_\alpha + n_\beta$; n_α – перебраковка дефектов; n_β – недобраковка; $q = M : N$ – доля недопустимых дефектов; M – засоренность выборки недопустимыми дефектами; N – общее количество дефектов; $p = 1 - q$ – доля допустимых дефектов.

Табл. 2. Результаты определения достоверности контроля

	Показатель статистической выявляемости, V	Доля допустимых дефектов, q	Доля недопустимых дефектов, p	Достоверность способа, Д,%	Увеличение достоверности, ΔД,%
Традиционный метод	0,658	0,918	0,082	68,6	
Исследуемый способ	0,913	0,74	0,26	93,5	25

Как видно из табл. 2, в результате использования исследуемого способа магнитографического контроля, за счет возможности распознавания наиболее опасных дефектов, достоверность контроля повысилась на 25 %.

Установлено, что при использовании модификатора Ertalloy 55 в количестве 1,2–1,5 % от массы расплава степень сфероидизации графита составляет 100 %, тогда как при использовании модификаторов Elkem 5800 (Норвегия) и Сферомаг 900 (Россия) количество модификатора должно находиться в пределах 1,4–1,6 %.

а) б)

Рис. 1 . Отливка (а) из ВЧ для изготовления буртовой заготовки (б)

После формирования отливки в кристаллизаторе (τ~5 мин) ее извлекали для последующего охлаждения на воздухе в условиях естественной конвекции.

Металлическая основа литых заготовок представляет собой тонкопластинчатый (ПД 0,5) перлит П98 с включением равномерно распределенного графита правильной шаровидной формы (ШГф5). Величина графитовых включений составляет ШГд 20–30 мкм. Твердость по периметру заготовки находится в пределах 240–255 НВ. Предел прочности на разрыв не менее 600 МПа.

По описанной технологии была изготовлена опытно-промышленная партия буртовых заготовок (рис. 1, б), поставлена на ЗАО «СИПР с ОП» для проведения эксплуатационных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Формирование отливок в условиях пристеночной кристаллизации – основа высокого качества изделий / Е. И. Марукович, В. Ф. Бевза, В. П. Груша // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы Междунар. конф., 19–21 сент. 2012 г. – Минск : ФТИ, 2012. – С.259–269.

УДК 621.373.826.004.14

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

С. В. ДАЙНЕКО, Д. Р. ИСМАИЛОВ, М. В. ПУЗЫРЕВ
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Известно, что алмазоподобные углеродные пленки отличаются исключительно высокими механическими и трибологическими характеристиками, а также химической инертностью. Все перечисленное обуславливает высокий интерес к развитию технологий создания на их основе износо- и коррозионностойких защитных покрытий на различных материалах. В настоящее время лазерно-плазменный метод, наряду с методом осаждения из сепарированной плазмы вакуумно-дугового разряда, рассматривается как один из наиболее перспективных способов получения алмазоподобных углеродных покрытий.

На предыдущих этапах исследования с помощью технологии лазерно-плазменного осаждения авторами были получены экспериментальные образцы алмазоподобных углеродных пленок с высоким содержанием sp^3 – связанного углерода (до 50 %).

Пленки ta-C характеризуются высоким уровнем внутренних напряжений (до 10–12 ГПа) [1]. Внутренние напряжения в алмазоподобных углеродных пленках, в ряде случаев, при определенной толщине покрытия приводят к его самопроизвольному отслоению от подложки [2–3]. Проведенные предварительные эксперименты показали, что проблема отслоения углеродной пленки от подложки за счет внутренних напряжений характерна и для покрытий, получаемых лазерно-плазменным методом.

Одним из перспективных методов уменьшения внутренних напряжений в пленке является осаждение промежуточных слоев.

В данной работе ставилась цель оптимизации состава, структуры и технологии осаждения адгезионных и промежуточных слоев с целью получения сверхтвердых композиционных защитных покрытий на основе алмазоподобного углерода.

Как правило, для улучшения адгезии алмазоподобной углеродной пленки к подложке осаждают промежуточные слои из металла, выбранного из группы, включающей алюминий, хром, цирконий, титан, германий, или из кремния. В экспериментах для создания адгезионного слоя был выбран алюминий. Было предложено производить осаждение алюминия с использованием лазерно-плазменного метода, как и для осаждения алмазоподобных углеродных пленок. Осаждение алюминия на поверхность подложки жела-

УДК 620.179.14

ДОСТОВЕРНОСТЬ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ НАМАГНИЧИВАНИИ ИХ ПЕРЕМЕЩАЕМЫМ ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ ЧЕРЕЗ МАГНИТОНОСИТЕЛЬ

А. В. КУШНЕР, В. А. НОВИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При магнитографическом контроле изделий с их намагничиванием перемещаемым постоянным магнитом через магнитоноситель, уложенный на контролируемую поверхность, легко реализовать условия, при которых наиболее опасные дефекты (трещины и узкие несплавления) будут обнаруживаться двуполярными сигналами, а риски, углубления от поверхностных неровностей и др. – однополярными. В настоящей работе оценивали, насколько повысится достоверность обнаружения дефектов при использовании этого способа контроля по сравнению с традиционным методом, когда объект вместе с уложенным на его поверхность магнитоносителем намагничивают электромагнитом с П-образным сердечником.

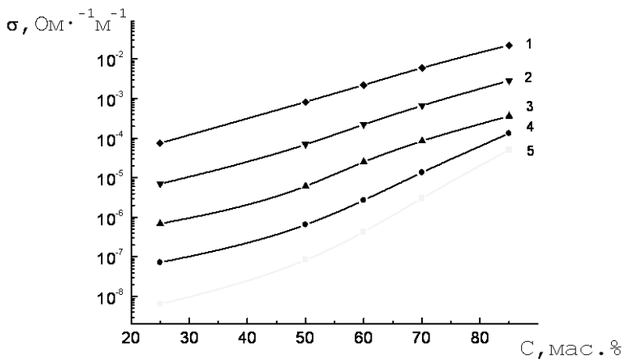
Образцы для исследований представляли собой элементы матрицы штампа, содержавшие 43 трещины естественного происхождения различного раскрытия. Согласно ТУ на объект контроля, трещины в объекте считаются недопустимыми дефектами. Для сравнения на таких же образцах были нанесены 30 рисок различной глубины, из них 4 – оказались недопустимыми по глубине, которую измеряли с помощью устройства 281М. Ширину дефектов замеряли микроскопом ЕС МЕТАМ РВ-21.

Оказалось, что 7 трещин имели раскрытие меньше 5 мкм и при неподвижном магнитоносителе как традиционным, так и исследуемым способом магнитографического контроля не обнаруживались.

При контроле традиционным методом в местах расположения 36 трещин сигналы в 13 случаях не превышали браковочного уровня, а в местах расположения 30 рисок – превзошли его в 22 случаях (однако по результатам измерения их глубины с помощью устройства 281М недопустимыми оказались только 4 риски). Следовательно, при традиционном методе магнитографического контроля недобраковка n_β составила 20 дефектов, а перебраковка n_α – 18 дефектов.

При предлагаемом способе контроля были обнаружены и идентифицированы 36 трещин, которые от рисок отличали по виду сигнала. Превышение браковочного уровня по эталонной ленте в этом случае не проводилось, т. к. дефекты считали недопустимыми. Были обнаружены и идентифицированы 30 рисок, из которых 4 превысили браковочный уровень и были признаны недопустимыми. Таким образом, недобраковка при исследуемом способе

генсу угла диэлектрических потерь. Так, например, удельная электрическая проводимость при повышении содержания порошкообразной резины в композиции от 25 до 85 мас. % на частоте электрического поля 1 МГц возрастает примерно на 3 порядка: от 1 10^{-5} до 1 10^{-2} Ом$^{-1}$·м$^{-1}$ (рис. 1).



1–10^2 Гц; 2–10^3 Гц; 3–10^4 Гц; 4–10^5 Гц; 5–10^6 Гц

Рис. 1. Зависимость удельной электрической проводимости композиции на основе вторичного полиэтилена от содержания порошкообразной резины при различных частотах электрического поля

Таким образом, изменяя содержание и тип наполнителя, характер его распределения в полимерной матрице, уровень взаимодействия полимер-наполнитель, контактное сопротивление между частицами, можно в широких пределах регулировать удельную электрическую проводимость наполненных полимерных композиций, превращая вторичный полиэтилен (изолятор) в полупроводник либо в электропроводящий материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зубко, В. И**. Выбор оптимальных составов и наполнителей для композиций на основе вторичных полимерных материалов электротехнического назначения / В. И. Зубко, Д. В. Зубко, Г. Н. Сицко // Материалы, технологии, инструменты. – 2013.– Т. 18. – № 3. – С.29–31.

тельно проводить с минимальным содержанием жидкокапельной фазы на поверхности. В связи с этим были отработаны режимы осаждения и получены пленки алюминия, у которых на поверхности практически отсутствует жидкокапельная фаза материала мишени.

Были получены экспериментальные образцы двухслойных композиционных покрытий, состоящих из адгезионного алюминиевого слоя толщиной 50–70 нм и алмазоподобной углеродной пленки толщиной 200–250 нм.

Однако эксперименты показали, что даже при наличии дополнительного адгезионного слоя, отслоение алмазоподобной пленки все равно происходит при толщинах более 300 нм.

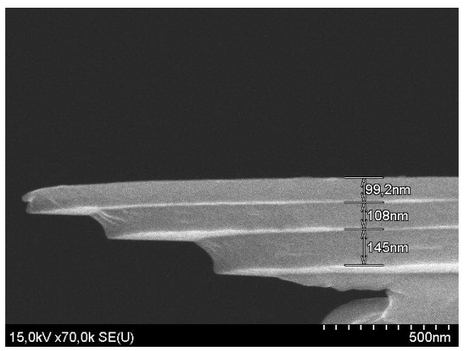


Рис. 1. Многослойное углерод-алюминиевое покрытие, осажденное на кремниевую подложку (светлые полосы – алюминий)

На основании полученных результатов был предложен вариант многослойного покрытия, состоящего из нескольких чередующихся углеродных и алюминиевых слоев. Причем толщина слоев алмазоподобного углерода не должна превышать 200 нм. Пример такого покрытия приведен на рисунке. Стрелками указаны углеродные слои. Плотность мощности воздействующего лазерного излучения на графитовую мишень составляла 1,07·10^9 Вт/см^2, при воздействии на алюминиевую мишень 5,66·10^8 Вт/см^2.

По подобной технологии были получены экспериментальные образцы покрытий толщиной до 0,7 мкм. Показано, что многослойное покрытие обладает лучшей адгезией к материалу подложки по сравнению с двухслойным при сохранении механических характеристик алмазоподобного углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Wei, Q.** Preparation and mechanical properties of composite diamond-like carbon thin films / Q. Wei, R. J. Narayan, A. K. Sharma, J. Sankar, and J. Narayan // J. Vac. Sci. Technol A. – 1999. – V.17. – P. 3406–3414**.**

2.**Ferrari, A. C.** Stress reduction and bond stability during thermal annealing of tetrahedral amorphous carbon /A.C.Ferrari, B.Kleinsorge, N.A.Morrison, A.Hart, V.Stolojan**,** J.Robertson. // J.Appl.Phys. – 1999. – V.85, N.10. – P. 7191–7197.

3. **Grischke, M.** Application-oriented modifications of deposition processes for diamond-like-carbon-based coatings / M. Grischke, K. Bewilogua, K. Trojan, H. Dimigen // Surf. Coat.Technol. – 1995. –V.74–75. – P. 739–745.

УДК 621.791.72

МИКРОТВЕРДОСТЬ ОДНОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

О. Г. ДЕВОЙНО, Н. И. ЛУЦКО, О. Н. КАВАЛЬЧУК
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Метод лазерной наплавки предоставляет уникальные возможности создания композиционных износостойких покрытий. Этот метод, при котором сочетаются небольшие размеры наплавляемых валиков (сравнимые с диаметром лазерного пятна на поверхности наплавки) и локальность нагрева, позволяет создавать полосчатые слои, состоящие из материалов, имеющих различные физико-механические свойства. Такие слои характеризуются не только высокой износостойкостью, но и анизотропией физико-механических свойств в разных направлениях относительно наплавленных валиков.

В данной работе изучалось распределение микротвердости по глубине и в продольном направлении (вдоль поперечного сечения слоя) в однослойном композиционном покрытии, полученном методом лазерной наплавки чередованием валиков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01. Покрытия наносились с помощью технологического комплекса на базе CO_2-лазера непрерывного действия типа «Комета» и системы числового программного управления. Наплавка велась в два этапа, схема наплавки композиционного покрытия приведена на рис. 1. Фотография полученного шлифа поперечного сечения покрытия приведена на рис. 2. Отчетливо видны два валика из бронзы ПГ-19М-01, между которыми находится валик из сплава ПГ-12Н-01.

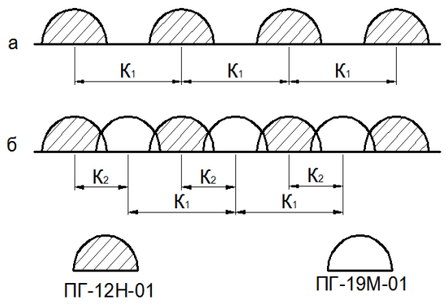


Рис. 1. Схема наплавки композиционного покрытия: а – первый этап; б – второй этап

Рис. 2. Поперечное сечение композиционного полосчатого покрытия из сплава х50

Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 100 г по глубине покрытия по линиям симметрии валиков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 из основы в покрытие с шагом 0,05 мм и в продольном направлении вдоль поперечного сечения слоя парал-

УДК 533.275.08

ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КОМПЛЕКСА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. ЗУБКО, Д. В. ЗУБКО, Г. Н. СИЦКО
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Разработка диэлькометрического метода контроля и диагностики электрических свойств композиций электротехнического назначения на основе вторичных полимерных материалов обусловлена необходимостью их испытаний на комплекс электрических показателей (относительной диэлектрической проницаемости, удельной электрической проводимости, тангенса угла диэлектрических потерь), регламентированных соответствующими стандартами, а также существующими нормами и объемом испытаний.

Актуальность проблемы состоит в том, что вторичные полимерные материалы могут быть использованы для разработки новых композиций. Композиции на основе вторичных полимерных материалов, наполнителями в которых являются высокодисперсный кварцевый песок или лигнин могут найти применение в электротехнической промышленности в качестве электроизоляционных материалов. Композиции, наполнителем в которых является резиновая крошка, полученная из вышедших из эксплуатации автомобильных шин, могут найти применение в качестве электропроводящих материалов для широкого круга объектов техники и в быту.

В основу диэлькометрического метода контроля комплекса электрических свойств (относительной диэлектрической проницаемости, удельной электрической проводимости, тангенса угла диэлектрических потерь) композиций на основе вторичных полимерных материалов положено раздельное измерение емкостной и активной составляющих иммитанса в диапазоне частот электрического поля 100 Гц – 1 МГц [1].

Исследованы зависимости относительной диэлектрической проницаемости, удельной электрической проводимости и тангенса угла диэлектрических потерь композиций на основе вторичного полиэтилена от содержания порошкообразной резины, полученной из автомобильных шин, вышедших из эксплуатации при различных частотах электрического поля.

Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных показал, что в области содержания порошкообразной резины в композиции от 20 до 50 мас. % наиболее информативными электрическими показателями композиций является их удельная электрическая проводимость, тогда как в области содержания порошкообразной резины от 50 до 85 мас. % следует отдать предпочтение относительной диэлектрической проницаемости и тан-

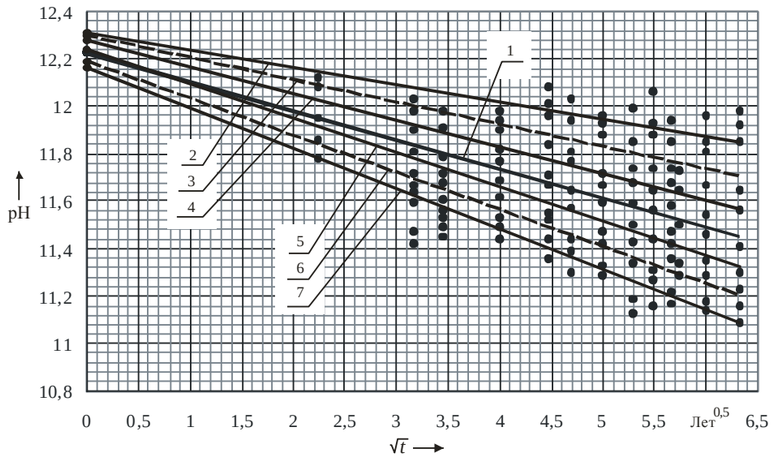


Рис. 1. Регрессионная зависимость $\sqrt{t}$ – pH для условий открытой атмосферы и области обычной карбонизации: 1 – общая для области обычной карбонизации; 2 – бетон класса $C^{25}/_{30}$; 3 – усредненная для бетонов классов по прочности $C^{20}/_{25}$ и $C^{25}/_{30}$; 4 – бетон класса $C^{20}/_{25}$; 5 – бетон класса $C^{18}/_{22,5}$; 6 – средняя для бетонов классов по прочности $C^{16}/_{20}$ и $C^{18}/_{22,5}$; 7 – бетон класса $C^{16}/_{20}$

Регрессионные зависимости изменения показателя щелочности поровой жидкости бетона в условиях агрессивности открытой атмосферы приведены в табл. 1.

Табл. 1. Регрессионные зависимости изменения показателя pH в защитном слое бетона

Класс бетона по прочности на сжатие	Область ускоренной карбонизации	Область обычной карбонизации
$C^{16}/_{20}$	$pH_{прог} = 12{,}15 - 0{,}52\sqrt{t}$	$pH_{прог} = 12{,}17 - 0{,}17\sqrt{t}$
$C^{18}/_{22,5}$	$pH_{прог} = 12{,}23 - 0{,}47\sqrt{t}$	$pH_{прог} = 12{,}24 - 0{,}14\sqrt{t}$
$C^{20}/_{25}$	$pH_{прог} = 12{,}27 - 0{,}40\sqrt{t}$	$pH_{прог} = 12{,}28 - 0{,}11\sqrt{t}$
$C^{25}/_{30}$	$pH_{прог} = 12{,}31 - 0{,}33\sqrt{t}$	$pH_{прог} = 12{,}31 - 0{,}07\sqrt{t}$

Полученные регрессионные зависимости показывают, что скорость карбонизации (снижения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре) независимо от степени агрессивности эксплуатационной среды зависит от класса бетона по прочности (количества использованного цемента).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование изменения показателя щелочности поровой жидкости по сечению бетона / А. А. Васильев [и др.] // Вестник БелГУТ: Наука и транспорт. – 2012. – №1 (24). – С. 80–85.

лельно основе с шагом 0,1 мм.

Типичная картина распределения микротвердости по глубине однослойного композиционного покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 представлена на рис. 3.Характерные результаты измерения микротвердости в продольном направлении вдоль поперечного сечения слоя параллельно основе представлены на рис. 4.

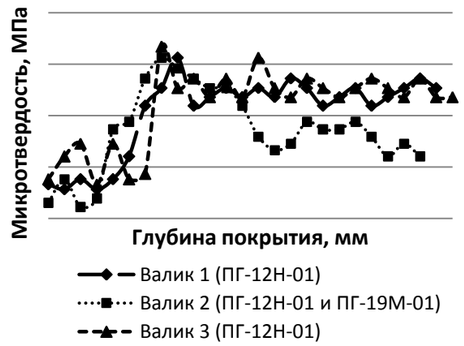


Рис. 3. Распределение микротвердости по глубине покрытия в однослойных композиционных покрытиях

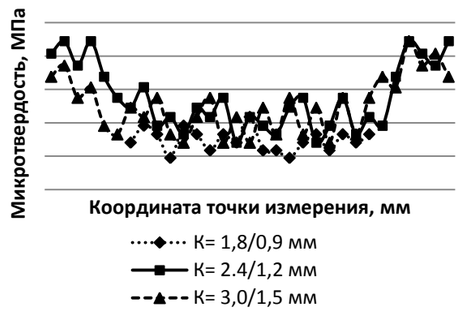


Рис. 4. Распределение микротвердости в продольном направлении вдоль поперечного сечения параллельно основе в однослойном композиционном покрытии

Валик 1 и валик 3 (рис. 1) представляли собой валики наплавки из сплава ПГ-12Н-01, валик 2 – валик наплавки из бронзы ПГ-19М-01. Из рис. 3 видно, что в валиках из сплава ПГ-12Н-01 (валики 1 и 3 на рис. 3) величина микротвердости находится примерно на одном уровне по всей глубине покрытия (5500 МПа), что свидетельствует о хорошем перемешивании материала в ванне расплава и о равномерном прогреве материала валика. В валике бронзы ПГ-19М-01 (валик 3 на рис. 3) до расстояния от основы 0,25 мм средняя величина микротвердости составляет 5500 МПа. В данном случае рассматривается подслой из сплава ПГ-12Н-01, образовавшийся при наплавке двух соседних валиков из этого материала. В дальнейшем микротвердость снижается до 4500 МПа и остается на этом уровне на всей глубине покрытия, то есть при наплавке валика бронзы ПГ-19М-01 также происходит равномерный разогрев и хорошее перемешивание материала в ванне расплава.

Результаты измерения микротвердости в продольном направлении рис. 4 показывают наличие периодического изменения величины микротвердости вдоль всего поперечного сечения однослойного композиционного покрытия. Вначале, когда измерения выполняются в валике из сплава ПГ-12Н-01, средняя микротвердость покрытия находится на уровне 5500 МПа, затем, когда измерения проводятся в валике бронзы ПГ-19М-01, наблюдается снижение средней микротвердости до 4500 МПа, и наконец, когда измерения снова проводятся в валике из сплава ПГ-12Н-01, средняя микротвердость покрытия опять поднимается до 5500 МПа.

УДК 621.54

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРЕ НИТРАТА НАТРИЯ

А. Н. ЖОГАЛЬСКИЙ, В. П. ЗЫЛЬКОВ, В. В. САХАНКОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

В данной работе исследовалась коррозия некоторых металлов, применяемых в холодильной технике, под действием водного раствора нитрата натрия. В качестве сравнения проведены опыты в 20 % растворе NaCl.

Были исследованы металлы: сталь 3, медь и алюминий, применяемые в бытовых холодильниках, нержавеющая сталь, титан и никель. Раствор нитрата натрия (х.ч.) готовился на питьевой воде с временной жесткостью примерно 10 ммольэкв/л. Температура в ходе опытов +25 ±0,1 ^{o}C. Длительность опытов 4 месяца и 19 суток. Опыты проводили в открытой системе.

Сразу отметим, что образцы титана и никеля как в растворе NaCl, так и в растворе $NaNO_3$ не подверглись коррозии. В случае нержавеющей стали только в растворе NaCl в двух местах образовались небольшие наросты ржавчины.

Анализ коррозии образцов остальных металлов в растворе NaCl: железо покрылось равномерным слоем продуктов коррозии; медь не изменилась, но раствор приобрел слабый зеленый оттенок, что, по–видимому, связано с образованием карбоната меди; алюминий покрылся сплошным слоем продуктов коррозии, а в растворе образовался объемный осадок белого цвета, который примерно через 10 месяцев заполнил пробирку плотной белой массой.

Анализ коррозии остальных металлов в 30 % растворе $NaNO_3$ показал:

а) железо в верхней части образца покрылась бурым налетом ржавчины, а в нижней – черным осадком по внешнему виду похожим на вороненую сталь. Нитрат натрия является компонентом воронения стали, поэтому в данных условиях, вероятно, прошло воронение образца. Так как опыт проводился в открытой системе, конкурентом нитрату натрия стал атмосферный кислород, поэтому верхняя часть образца, где доступ кислорода был максимален, корродировала по механизму гальванокоррозии железа в нейтральной среде с кислородной деполяризацией, а в нижней части образовался черный осадок FeO;

б) медь полностью покрылась черным осадком, а раствор нитрата натрия приобрел голубой цвет, что вероятно связано, с образованием CuO и меди аммиачного комплекса;

в) алюминий практически полностью прокорродировал, а в пробирке вместо жидкого раствора образовалась прочная однородная белая масса.

Черный осадок на образцах железа и меди состоит из двух слоев. Верхний слой легко снимается, а внутренний прочно связан с поверхностью металлов, что должно изолировать его от внешней среды. Для дополнительного повышения антикоррозионных свойств данных осадков можно пропитывать их маслами, красками, лаками и др. материалами, устойчивыми к нитрату натрия.

УДК 691.32.001.5

МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ЩЕЛОЧНОСТИ ПОРОВОЙ ЖИДКОСТИ БЕТОНА

А. А. ВАСИЛЬЕВ, Л. В. ПЛИКУС
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Для построения модели изменения во времени показателя щелочности поровой жидкости исследовали конечную выборку значений pH из 120 точек для различных классов бетона по прочности ($C^{12}/_{15}$– $C^{25}/_{30}$) и толщин защитного слоя (5–25 мм) с учетом усредненного значения pH_0 = 12,25 [1] для вышеприведенных классов бетона по прочности.

Для уточнения скорости изменения показателя pH исследовали зоны с обычной и ускоренной карбонизацией, при этом для каждой зоны:

– начальное изменение щелочности поровой жидкости (pH_0) определяли для усредненной толщины защитного слоя l= 15 мм;

– исследовали всю область значений pH в каждой отдельной зоне для определения регрессионной зависимости $\sqrt{t}$ – pH для усредненных значений pH;

– принимали, что значения pH для бетонов классов по прочности $C^{16}/_{20}$ и $C^{18}/_{22,5}$ лежат ниже регрессионной зависимости $\sqrt{t}$ – pH для усредненных значений pH («низкопрочный» бетон карбонизируется быстрее), классов по прочности $C^{20}/_{25}$ и $C^{25}/_{30}$ – выше средней линии;

– строили регрессионную зависимость $\sqrt{t}$ – pH для усредненных значений pH для каждой пары бетонов, принимали, что область значений выше средней линии, определяемой регрессионной зависимостью $\sqrt{t}$ – pH, принадлежит более «высокопрочному» бетону.

Суммарная регрессионная зависимость $\sqrt{t}$ – pH для различных классов бетона по прочности и условий открытой атмосферы для области обычной карбонизации приведена на рисунке 1.

Модель изменения показателя pH в зоне расположения арматуры во времени для постоянного значения толщины защитного слоя

$$\mathrm{pH}(t/l = \mathrm{const}) = \alpha_0 - \alpha_1\sqrt{t}, \qquad (1)$$

где α_0 – показатель начальной щелочности поровой жидкости, %; α_1 – показатель скорости изменения щелочности поровой жидкости; t – величина прогнозного периода лет.

Параметры α_i (i= 0, 1) линейной функции регрессии (1) определяли по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

УДК 621.3

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ФИЛЬТРУЕМОСТИ И ПРОЗРАЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

А. А. АФАНАСЬЕВ, В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, В. В. ПИСАРИК,
Д. И. КЛИМОВИЧ, К. А. РОДИОНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Дизельное топливо широко используется в дизельных двигателях внутреннего сгорания на железнодорожном и водном транспорте, грузовом и легковом автотранспорте, в военной и сельскохозяйственной технике. Вышеперечисленные технические средства эксплуатируются в различных климатических условиях и их работоспособность обеспечивается использованием соответствующего типа топлива. В зависимости от условий применения производятся три марки дизельного топлива: Л (летнее), З (зимнее) и А (арктическое). Основное отличие их в температуре предельной фильтруемости и температурах помутнения и застывания. По этим параметрам определяют соответствие дизельного топлива к определенному классу. Предельную фильтруемость, а также температуры, при которых происходит помутнение и застывание дизельного топлива, определяют на специальном стендовом оборудовании. Для измерения этих параметров было разработано комбинированное измерительное устройство, обеспечивающее текущий контроль температуры дизельного топлива и его прозрачность. Контроль за прозрачностью жидких сред позволяют осуществлять фотометрические приборы. Принцип их действия основан на регистрации изменяющихся параметров потока излучения, пропускаемого через жидкость. Для получения достоверных результатов при измерении прозрачности была использована двухканальная схема первичного оптико-электронного преобразователя (ОЭП) с применением гибких волоконно-оптических элементов, что обеспечило пропускание потока излучения через контролируемую среду и удаление электронного блока от объекта контроля. Контроль температуры осуществляется с помощью термопреобразователя, прикрепленного к ОЭП. Цифровой измерительный блок реализован на основе PIC-контроллера с встроенным аналого-цифровым преобразователем и цветным LCD дисплеем. Встроенная флэш-память и клавиатура обеспечивают гибкое управление работой прибора: выбор режима работы, запись результатов наблюдений, их статистическую обработку, отображение результатов измерений и их хранение. Предусмотрена возможность подключения прибора к персональному компьютеру через USB-порт.

УДК 678.046.361

МОДИФИКАТОР АДГЕЗИИ В СИСТЕМЕ «ШИННАЯ РЕЗИНА-МЕТАЛЛОКОРД»

А. В. КАСПЕРОВИЧ, О. А. КРОТОВА, А. А. МАЛАШЕНКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Прочное и стабильное крепление резины к латунированному металлокорду является одним из наиболее важных условий, определяющих срок эксплуатации шин. Системы для крепления латунированного корда должны обеспечивать удовлетворительную начальную адгезию к корду при высоких уровнях ее сохранения, несмотря на воздействие тепла, влажности, динамических нагрузок и других видов старения в условиях окружающей среды. Наиболее эффективный метод повышения адгезионной прочности в системе «резина–латунь» – введение в резину специальных ингредиентов, так называемых модификаторов адгезии.

Наибольшее распространение получили органические соединения кобальта, которые ускоряют вулканизацию и повышают плотность поперечных связей в резине. Однако, в последние годы проявляется все больший интерес к модификаторам неорганической природы, особенно к минеральным, что вызвано их пониженной окислительной активностью по отношению к полимеру, а также относительной дешевизной исходного сырья.

Целью данной работы являлось получение модификатора адгезии на основе белой сажи для обкладочных шинных резин. Модификация белой сажи осуществлялась в водном растворе солями кобальта при комнатной температуре.

Для установления элементного состава модифицированной белой сажи был проведен анализ образцов на сканирующем электронном микроскопе JEOL-5610 LVc электронно-зондовым энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором EDXJED-2201. Согласно его результатам модифицированная белая сажа имеет следующий состав, % мас.: Si–54,30; O–36,54; Co–5,68; Cu–1,32; Zn–1,25; Cl–0,91.

Полученный модификатор использовался в качестве промотора адгезии резины к металлокорду в брекерных резиновых смесях на основе изопренового каучука. Введение полученного соединения приводит к увеличению прочности связи резины с металлокордом как при нормальных условиях, так и после различных видов старения (паровоздушного, теплового, солевого).

Таким образом, в результате проведенных исследований, удалось получить модификатор адгезии шинных резин, предназначенных для обкладки металлокорда.

УДК 539.12.043

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ TiN, TiAlN, TiAlYN

Ф. Ф. КОМАРОВ, С. В. КОНСТАНТИНОВ, В. В. ПИЛЬКО
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Конструкционные материалы ядерных реакторов испытывают неизбежное облучение α-частицами и другими видами излучения в процессе эксплуатации. Вследствие этого свойства материалов существенно изменятся: повышается предел прочности, ухудшается пластичность, материал охрупчивается, а также претерпевает распухание из-за накопления дефектов и газообразного гелия. Ионная имплантация позволяет моделировать внедрение легких примесей и дефектообразование в указанных материалах, не прибегая к долговременным процессам их облучения в реакторе. Весьма интересным и актуальным сегодня является изучение радиационной стойкости не только массивных материалов, но и специальных наноструктурированных покрытий. Данные покрытия имеют большую (на порядки превосходящую микроструктурированные материалы и покрытия) суммарную протяженность границ кристаллитов, которые являются эффективными стоками для радиационных дефектов (вакансий, междоузельных атомов, дислокаций и дислокационных петель).

Исследования проводились на образцах покрытий TiN, TiAlN,TiAlYN, нанесенных методом сепарируемого вакуумно-дугового распыления на подложки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Состав сформированных покрытий изучали с помощью метода обратного резерфордовского рассеяния (РОР).Дюрометрические испытания проводили методом наноинденирования по методике Оливера и Фарра на нанотвердомере Nanoindenter G200 (США). Облучение ионами гелия проводили с помощью ионного ускорителяAN 2500 фирмы “High Voltage Engineering Europe B.V.”

На основе полученных данных резерфордовского обратного рассеяния ионов гелия были построены графики распределения элементов по глубине покрытий и рассчитаны концентрации элементов (табл. 1, рис. 1).

Табл. 1. Концентрации элементов в покрытиях TiN, TiAlN, TiAlYN.

Элемент, ат %/покрытие	Ti, %	Al, %	Y, %	N, %
TiN	58	-	-	42
TiAlN	29	26	-	45
TiAlYN	31	24	0,3	44,7

УДК 625.71

ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО РУП «МОГИЛЕВАВТОДОР»

А. О. ШНЕЙДЕРОВ, Н. А. ГРИШИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Исследование транспортно-эксплуатационного состояния (ТЭС) автомобильных дорог дает возможность оценить качество принятых ранее проектных решений, установить недостатки, допущенные при строительстве, наметить пути совершенствования технологии содержания и ремонта.

ТЭС определяется на основании обследования, сбора и анализа информации о параметрах, характеристиках и условиях работы автомобильных дорог. Обследования проводились визуальными и инструментальными методами, а также на основании сезонных осмотров.

Основными критериями, определяющими ТЭС автомобильных дорог, является: ровность дорожного покрытия, дефектность дорожной конструкции, прочность дорожной конструкции, протяженность колеи, сцепление колеса автомобиля с покрытием.

В ходе исследования было выявлено несоответствие основных параметров требованиям технических нормативно-правовых актов (ТНПА): ТКП 140, СТБ 1566, СТБ 1291, СТБ1300. Протяженность дороги, с несоответствием по прочности дорожной конструкции, снизилась по сравнению с 2012 г. на 94,8 км и составила около 3,2 км на 2013 г. Это 0,1 % от общей протяженности дорог РУП «Могилевавтодор». По ровности покрытия – несоответствие уменьшилось на 11 км и стало 867 км, это около 34 %. Дефектность 1 и 2–3 уровня по протяженности снизилась на 113 и 104 км и составила 114 и 340 км соответственно, это 4,5 и 13,5 % от общей протяженности дорог РУП «Могилевавтодор». Протяженность несоответствующих участков дорог по показателю сцепления колеса с покрытием составила 7 км, ниже на 13 км по сравнению с 2012 г. и этот показатель составил около 0,3 % от общей протяженности дорог. Протяженность колеи глубиной более 30 мм в 2013 г. увеличилась на 0,4 км и стала 0,6 км, это 0,01 % от общей длины дорог предприятия.

Проведен также анализ ТЭС сети дорог РУП «Могилевавтодор» за 2013 г. по категориям и типам покрытия и получено, что 1171 км (46,5 %) требуют проведения ремонтных мероприятий.

Получены сведения о состоянии дорог предприятия, их соответствие требованиям ТНПА. Данные позволят рассчитать потребность в проведении ремонтно-восстановительных работ на 2014 г.

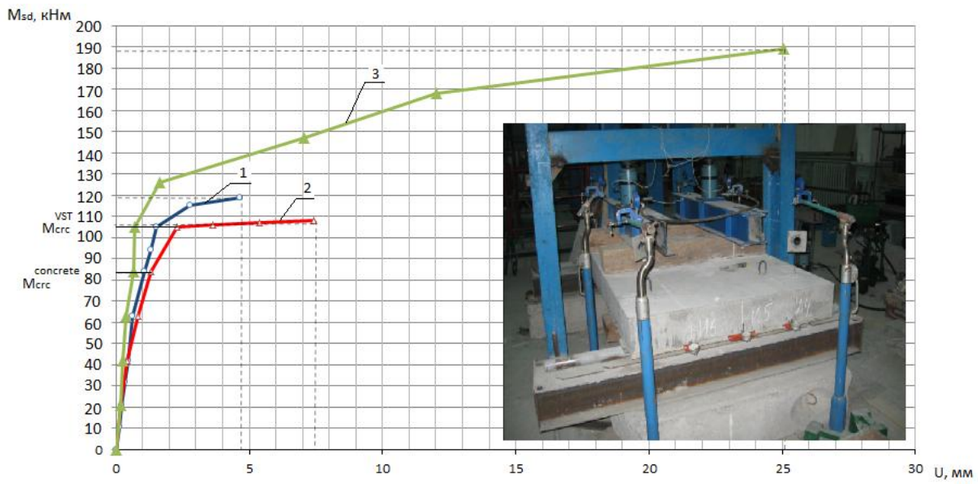


Рис. 1. Диаграмма «момент-прогиб» при испытании: 1 – плита П-1; 2 – плита П-2; 3 – плита П-3

При нагрузке соответствующей моменту появления трещины в ЦСП, напряжения в стальной арматуре достигли предела текучести. Лист ЦСП, находящийся в нижней растянутой зоне плиты, имеющей величину среднего сопротивления на растяжение при изгибе $f_{vst,t}$ = 14.64 МПа [1], превышающего в несколько раз сопротивление на растяжение бетона f_{ctm} = 1,9 МПа, воспринял все действующие растягивающие усилия до момента появления в нем трещин, в то время как в примыкающих к нему волокнах бетона уже появились трещины. Плита имела процент армирования ниже минимального, то есть разрушилась как бетонный элемент. В плитах №2 и №3 поведение под нагрузкой до появления трещины в ЦСП было аналогично как и в плите П-1. Однако в отличие от плиты П-1, только со стальным армированием мгновенного разрушения плит не произошло.

Очевидно, как показывает анализ графиков «момент-прогиб» для плит П-2 и П-3 (2 и 3, рис. 1), в момент появления трещин, усилия и деформации на участке в трещине и между трещинами перераспределились между стальной и стеклопластиковой арматурой. При этом вследствие значительных деформационных и прочностных свойств стеклопластиковой арматуры увеличилась и общая деформативность плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Деркач, Е. А.** Напряженно-деформированное состояние нового конструктивного решения безбалочного монолитного многопустотного перекрытия : дис. маг. : 05.23.01 / Е. А. Деркач. – Брест, 2013. – 121 с.

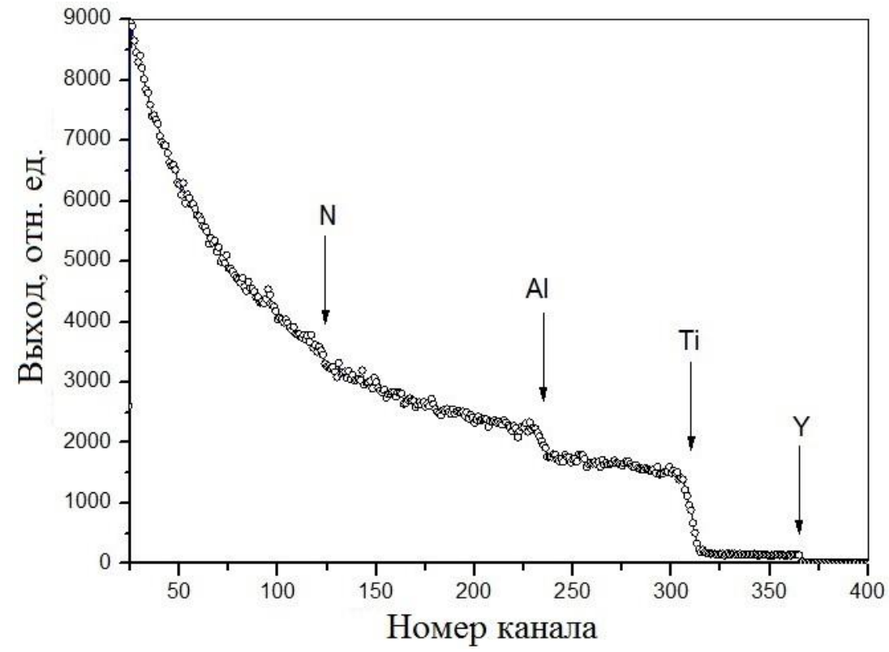


Рис. 1. Спектр РОР ионов гелия с энергией 1,3 МэВ от покрытия TiAlYN, осажденного вакуумно-дуговым методом

Установлено, что концентрации титана, алюминия, иттрия и азота равномерны по глубине покрытия. Концентрация кислорода в покрытиях незначительна по сравнению с концентрацией азота, что свидетельствует о высоком качестве полученных структур и об отсутствии крайне вредных для эксплуатационных свойств наноструктурированных тонкопленочных покрытий оксидов. Концентрация иттрия 0,3 % равномерна по всей толщине покрытия, что обеспечивает однородность свойств и значительное повышение твердости.

Твердость покрытияTiN составила величину 22 ГПа, TiAlN – 31,7 ГПа, TiAlYN – 37 ГПа. Такая высокая твердость покрытия TiAlYN объясняется добавкой Y, обладающего значительно большим атомным радиусом по сравнению с Tiи Al, что приводит к искажению элементарной ячейки кристаллической решетки покрытия.

Выполнено испытание нанесенных покрытий на радиационную стойкость при облучении ионами He^+с энергией 500-1500 кэВ для флюенсов $1x10^{16}$–$5x10^{17}$ ион/см^2.Обсуждается роль размеров кристаллитов фаз покрытий в радиационной стойкости при различных потоках ионов гелия.

УДК 621.762

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ СИСТЕМЫ Cu–Cr

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

Особенностью операции механического легирования при производстве лигатур для выплавки хромовых бронз является необходимость получения шихты с максимальным содержанием легирующего компонента, но, в тоже время, повышение его концентрации не должно приводить к нарушению процесса механического легирования – налипанию шихты на стенки помольной камеры и рабочие тела – шары. Кроме этого, как было установлено в ранее проведенных исследованиях, получение крупногранульной композиции (размер гранул более 300 мкм) является нежелательным, т.к. центральная часть гранулы оказывается исключенной из процесса диспергирования и гомогенизации, что приводит к неравномерности распределения элементов по сечению гранулы и наследуется на последующих технологических стадиях изготовления полуфабрикатов.

Но после выгрузки и хранения гранулированной композиции на поверхности гранул активно идут окислительные процессы за счет адсорбции кислорода из атмосферы. Через несколько часов поверхность частиц покрывается оксидной пленкой, толщина которой растет с течением времени. При введении композиции в расплав в виде лигатуры, образовавшийся оксид меди начинает восстанавливаться, взаимодействуя с легирующими элементами, имеющими большее сродство к кислороду, окисляя их. Это в первую очередь относится к таким основным компонентам для выплавки хромовых бронз как Cr и Zr. Поэтому во избежание высоких потерь легирующих элементов на угар и переход в шлак размер гранулированных частиц должен быть максимально большим.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что диаметр получаемых гранул должен быть в интервале 0,4–0,5 мм для того, что бы с одной стороны, в достаточной степени смогли протечь реакции механической активации, а с другой стороны, частицы имели минимальную суммарную поверхность для окисления.

Результаты исследования влияния содержания хрома на размер гранул композиции Cu-Cr после механического легирования приведены на рис. 1.

УДК 624.012.35

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКОЙ И КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Н. Н. ШАЛОБЫТА, Е. А. ДЕРКАЧ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

В настоящее время специалистами Брестского государственного технического университета предложено эффективное решение монолитных перекрытий с использованием VST-технологий [1]. В настоящее время выполнены и выполняются исследования напряженно-деформированного состояния многопустотных плит с применением системы VST – опалубки, работающих по балочной схеме на изгиб в одной плоскости. Экспериментальные исследования проводились в испытательном центре Брестского государственного технического университета. Были выполнены предварительные исследования опытных образцов плит с техническими характеристиками представленными в табл. 1.

Табл. 1. Номенклатура опытных образцов

серия образцов	Характеристики арматуры		Процент армирования			
	стальной	стеклопластиковой	стальной $\rho_l=A_{st}/b\cdot d$	стеклопластиковой $\rho_f=A_{fs}/b\cdot d$,%	$\sum\rho$	ρ_w
№ 1	4Ø8 S500 Ø5 S500 шаг 100	–	0.31	–	0,31	6.27
№ 2	4Ø8 S500	Ø6 FRP	0.14	0.24	0,38	12.7
№ 3	8Ø10 S500	Ø6 FRP	0.44	0.24	0,68	14.6
Примечание $\rho_w = \frac{(f_{yk}\cdot\rho_l+f_{fk}\cdot\rho_f)}{f_{cm}}$ - механический индекс армирования						

В результате проведенных экспериментальных исследований опытных образцов установлено, что все испытанные плиты разрушились вследствие исчерпания несущей способности по нормальным сечениям.

В образце № 1 разрушение плиты произошло мгновенно и хрупко, в результате разрыва цементно-стружечной плиты (ЦСП), быстрого раскрытия трещины по высоте сечения и раздробления бетона сжатой зоны. Анализ графика 1 (рис. 1) подтверждает хрупкий характер разрушения плиты.

сплошной бревенчатый накат; слеги, врубленные в каждый шов между самцами; слеги, врубленные через самец; редко врубленные слеги; комбинация бревенчатого фронтона со стропилами. Последний вариант является постепенным переходом к стропильным системам, а завершающим этапом перехода в этой системе стала комбинация бревенчатого фронтона со стропилами. Бревенчатый фронтон зажимался между двумя парами стропил или же усиливался с помощью лисичек (д. Ятоловичи Ивьевского района).

Крыша на сохах (несущих столбах) с конструктивной точки зрения представляет собой более простой вариант. Такой тип крыш применялся повсеместно для возведения хозяйственных построек и реже, с дополнительными изменениями, для жилых построек (д. Подболотье Волковыский район). В дальнейшем эволюционном развитии появились новые типы несущих столбов – полусошки (дядки). Основанием для крыш на полусошках являлись поперечные и продольные балки, уложенные поверх сруба, на середине которых устанавливались столбики с естественной развилкой. Разновидностью конструкции на дядках являлась крыша на двух наклонных стойках, соединенных в вершине дубовым колышком. Верхние концы этих стоек перекрещивались, образуя развилку с выступами порядка 20–30 см, в которую укладывалась кладь. Нижними концами стойки могли опираться либо на торцевые стены, либо на потолочные балки.

Отдельную нишу среди данных систем занимают переходные формы стропил. Они принципиально отличаются от остальных не только способом соединения и опирания, но и схемой передачи основных усилий. Если в описанных ранее конструктивных решениях основную нагрузку несли кладь и сохи, то для переходных стропил характерна передача нагрузки на нижние концы стропильных ног. При этом вся конструкция сруба подвергалась дополнительному распору. Эти стропила также отличались способами соединения в верхней части и способом опирания. При этом все виды данной группы имели парные стропила.

Анализ представленных конструктивных схем позволяет сделать вывод, что использование этих, уже известных и оправдавших себя конструктивных решений крыш практически гарантировано может дать положительный рациональный результат, а комплексное изучение данных конструктивно-технологических решений, выделение их особенностей и усовершенствование за счет применения новых систем крепления и современных строительных материалов, позволит выявить наиболее целесообразные схемы устройства кровли. Также нужно признать необходимость совершенствования методики расчета элементов деревянных конструкций на основе комплексного исследования механических характеристик и особенностей деформирования древесины в зонах концентрации напряжений и разработки теории расчета элементов деревянных конструкций.

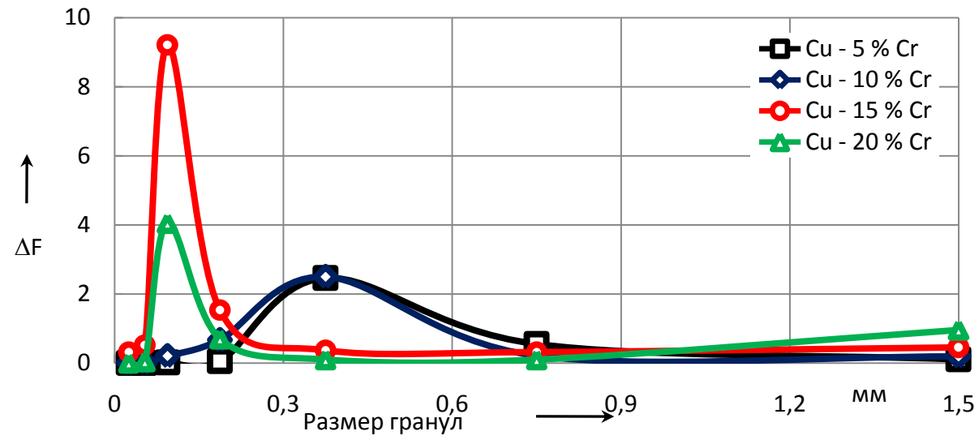


Рис. 1. Результаты гранулометрического анализа композиций системы Cu-Cr

При содержании Cr 5% гранулы имеют равноосную форму со средним размером 250–350 мкм и представляют собой единое образование (рис. 2, а). Увеличение концентрации Cr в шихте до 10 % оказывает незначительное влияния на средний размер гранул и он возрастает до 400 мкм. При концентрации хрома 15 % появляются два типа гранул: мелкие, размером около 10 мкм и крупные, пластинчатой формы, являющиеся продуктом налипания шихты на стенки помольной камеры и рабочие тела. Дальнейшее повышение содержания хрома до 20 % вызывает интенсификацию процесса налипания. Гранулы становятся более сложными образованиями и представляют собой композиционные частицы, состоящие из нескольких более мелких гранул сложной формы (рис. 2, б).

а) б)

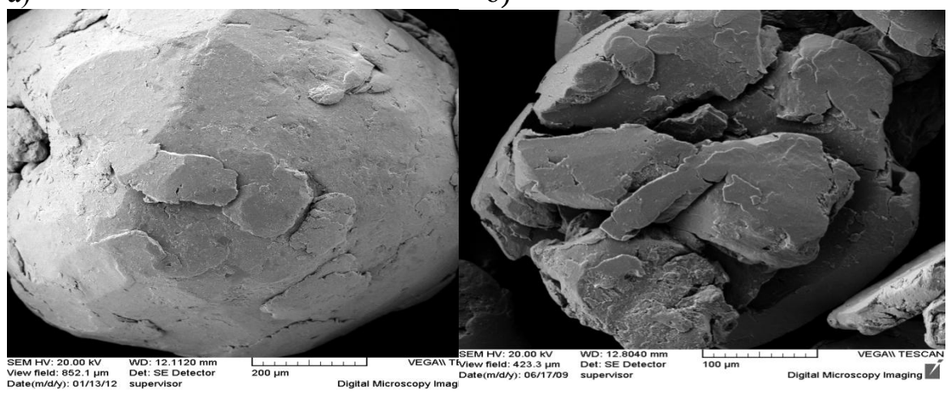


Рис. 2. Форма и топография поверхности гранул композиции Cu – 5 % Cr (а) и Cu – 20 % Cr (б)

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что оптимальное содержание Cr в лигатуре составляет 10–12 %.

УДК 621.762

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ ИНИЦИИРУЕМЫХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СИСТЕМАХ Cu–Cr–Zr И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

Основными целями отжига холоднопрессованных брикетов являются дегазация, а также завершение фазовых и структурных превращений, имевших место при механическом легировании, достижение которого обеспечивает стабилизацию фазового состава, структуры и физико-механических свойств материалов.

Термической обработке подвергались брикеты плотностью 70–75 %, полученные холодным прессованием. Отжиг композиций может осуществляться в вакууме или в защитной атмосфере (Ar, H_2). В данном исследовании использован аргон.

Термическое воздействие приводит к фазовым и структурным превращениям. После отжига электронографическим методом (ПЭМ) установлено наличие в материале таких фаз, как Cu_3Zr, ZrO_2, Cr_2O_3, а также Cr, Zr, Fe. Первая группа фаз (Cu_3Zr, ZrO_2, Cr_2O_3) в гранулированных композициях непосредственно после механического легирования не выявлялась, так как механическое легирование к завершению фазовых превращений не приводило. Они заканчивались формированием промежуточных соединений типа зон Гинье-Престона.

Анализ данных по влиянию условий отжига на микротвердость и физико-механические свойства материалов (рис. 1) показывает, что отжиг при температурах, достигающих 750 °С, приводит к некоторому росту твердости и прочности материалов. Дальнейшее увеличение температуры термической обработки вызывает снижение этих характеристик. При этом пластичность материала увеличивается.

Описанное изменение свойств обусловлено фазовыми и структурными превращениями. Термическое воздействие активизирует окислительно-восстановительные превращения, сопровождающиеся образованием ZrO_2, Cr_2O_3 и вызывает распад пересыщенного твердого раствора с выделением фаз Cu_3Zr, Zr и Cr. Формированию этих фаз при термической обработке способствует наличие большого количества центров кристаллизации, которыми являются механически синтезированные ультрадисперсные выделения, имеющиеся в гранулированных композициях. Образованию новых центров кристаллизации при термической обработке способствует высокоразвитая

УДК 624.011

ОСОБЕННОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КРЫШ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВРЕМЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Е. С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Изучение отечественного опыта применения деревянных конструкций в строительстве и поведения их в процессе эксплуатации позволяет сделать вывод, что формирование конструктивных особенностей крыш, эволюционно-исторически взаимосвязано с развитием конструкций кровельных материалов и в полной мере подчинено природно-климатическими особенностями региона (ветровые и снеговые нагрузки). При этом широкое использование древесины в качестве строительного материала для данных конструкций на территории современной Беларуси обусловлено достаточными природными запасами и сравнительно небольшим периодом восстановления этого ресурса. На первый взгляд с конструктивно-технологической точки зрения использование данного материала, в качестве основного, для возведения кровельных и стропильных систем представляется достаточно неперспективным и нерациональными. Однако при этом срок службы традиционных крыш (некоторые сооружения датируются XVI веком) свидетельствует не только о высоком уровне мастерства зодчих, грамотно выполненном выборе материалов и подборе сечений элементов систем, но и о том, что они являются актуальными для современной строительной практики ввиду их надежности и долговечности.

Для Беларуси, характеризующейся большим разнообразием форм и типов конструкций крыш, возводившихся на ее территории, типичны два основных типа крыш: на сохах и закотом. Оба типа конструкций сохранились до настоящего времени, при этом отдельные детали и способы крепления имеют специфику, характерную только для белорусского зодчества (безгвоздевые соединения на кокошинах, применявшиеся в постройках в основном Брестской и Гомельской областях). При этом конструкция на сохах (слеговая) была хорошо известна на территории Беларуси уже в XII– XIII вв., о чем свидетельствуют конструкции, обнаруженные при раскопках в Брестской области кокошины. Но не смотря на то, что некоторые свидетельства использования кокошин можно обнаружить и в постройках XX в. (д. Моисеевка Октябрьского района), их использование к концу XIX в. практически сошло на нет в связи с дороговизной леса и быстрым развитием стропильных систем.

Конструкция крыш закотом также претерпевала эволюционно-конструктивные изменения. Тут можно выделить пять основных этапов:

г.Костюковичи. В качестве заполнителей использовался гранитный щебень с наибольшей крупностью зерен 20 мм и речной природный мелкий песок. После изготовления, половина образцов проходила ТВО по стандартному режиму, вторая половина хранилась в камере нормального твердения. Отбор проб бетона производился выбуриванием с шагом по глубине 5 мм. Выбуривание производилось для бетонных кубиков нормального твердения в возрасте 28 суток, а для кубиков, подвергнутых ТВО – в возрасте 1 суток.

Параметры pH_0 и KC_0 определялись методами pH- и карбометрии. Результаты измерения указанных показателей защитных свойств бетона представлены в табл. 1 (указанные значения являются средними из трех образцов для каждого состава бетона).

Табл. 1. Результаты измерений показателей pH_0 и KC_0

Глубина отбора пробы, мм	Состав №1 (класс бетона по прочности $C^{12}/_{15}$, условия твердения – нормальные)		Состав №2 (класс бетона по прочности $C^{12}/_{15}$, условия твердения – ТВО)		Состав №3 (класс бетона по прочности $C^{18}/_{22,5}$, условия твердения – нормальные)		Состав №4 (класс бетона по прочности $C^{18}/_{22,5}$, условия твердения – ТВО)	
	KC_0, %	pH_0	KC_0, %	pH_0	KC_0, %	pH_0	KC_0, %	pH_0
0÷5	7,9	11,49	8,7	11,31	9,1	11,56	9,4	11,43
5÷10	6,7	11,89	7,5	11,67	7,5	11,96	8,3	11,74
10÷15	4,9	12,02	5,9	11,87	6,1	12,09	7,2	11,96
15÷20	3,7	12,07	4,5	11,99	5,2	12,11	5,7	12,03
20÷25	3,2	12,10	3,8	12,08	4,3	12,12	5,2	12,09
25÷30	3,0	12,12	3,7	12,09	4,1	12,16	4,4	12,12
30÷35	2,8	12,13	3,3	12,11	3,9	12,21	4,0	12,19
35÷40	2,7	12,14	2,9	12,13	3,8	12,27	3,9	12,24
40÷45	2,6	12,16	2,5	12,15	3,7	12,34	3,7	11,29
45÷50	2,4	12,19	2,3	12,17	3,6	12,36	3,6	12,31

Из полученных данных видно, что значения параметров pH_0 и KC_0 в поверхностных слоях (до глубины 20 мм) в значительной степени зависят от условий твердения образцов, а на глубине более 20 мм условия твердения не оказывают значительного влияния на показатели защитных свойств бетона. В поверхностных слоях значения карбонатной составляющей для образцов, подвергнутых ТВО в среднем на (5÷10) % выше, а значения pH_0 на (3÷7) % ниже, чем для образцов нормального твердения. Если исходить из исследований В.И. Бабушкина, согласно которым коррозия стали начинается уже при pH менее 11,8, то можно заметить, что согласно представленной табл., бетон образцов нормального твердения уже на стадии твердения потерял защитные свойства на глубину около 3 мм, в то время как бетон образцов, подвергнутых ТВО, на глубину до (10÷11) мм.

Таким образом, в поверхностных слоях бетона ЖБЭ различные условия твердения оказывают значительное влияние на начальные параметры карбонизации бетона и его коррозионное состояние.

поверхность границ зерен и субзерен. Большая площадь последних препятствует коагуляции и росту избыточных фаз, которые в свою очередь стабилизируют границы между элементами структуры. Описанное строение определяет высокую стойкость материалов против отжига. Разупрочнение, наблюдаемое при температурах выше 800 °С, указывает на протекание структурных превращений, связанных с некоторым увеличением размера зерен и субзерен, а также коагуляцией и ростом избыточных фаз.

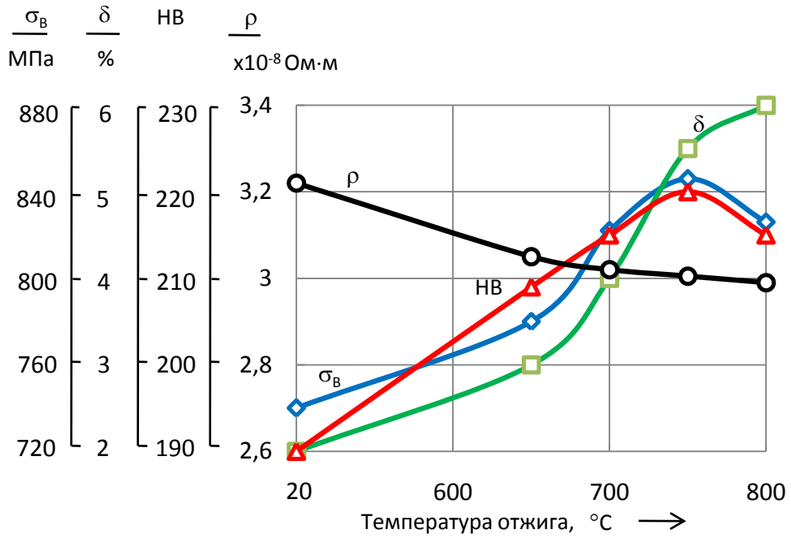


Рис. 1. Влияние температуры отжига брикетов на физико-механические свойства композиции Cu + 10 % Cr + 1,5%Zr + 0,1% Гр при $\tau_{отж}$ = 2 час (условия экструзии: $t_{брик}$ = 750 °С; $t_{инстр}$ = 500 °С; ε = 15)

Таким образом, проведенное исследование показывает, что термическая обработка брикетов в интервале температур 600–800 °С приводит к незначительному снижению твердости и прочности и повышению пластичности и электропроводности. Небольшое влияние отжига в этом интервале температур на свойства обусловлено стабильностью структуры, сформировавшейся на стадии механического легирования. Дальнейшее повышение температуры отжига вызывает заметное разупрочнение материалов, вызванное ростом зерен и субзерен.

Проведенные исследования по влиянию отжига на свойства позволяют сделать важный для практики вывод, что температура экструзии полуфабрикатов не должна превышать 800 °С. Основные цели отжига – дегазация и стабилизация структуры достигаются при температуре отжига 700–750 °С и продолжительности 2–3 часа.

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

Стойкость против изнашивания трущихся поверхностей деталей оборудования является важным фактором, определяющим длительность жизненного цикла машин, их деталей, узлов и механизмов. С целью повышения работоспособности деталей, работающих в условиях значительных контактных нагрузок и наличия трения-скольжения, используются различные способы упрочняющей обработки рабочей поверхности. Широкое применение находит нанесение гальванических покрытий, поверхностное оксидирование, наплавка, химико-термическая обработка и др. Перспективным способом создания высокостойких функциональных слоев, способных работать, в том числе, и в условиях тяжелого нагружения, являются газотермические способы напыления [1].

Газотермическое покрытие представляет собой слой, состоящий из отдельных частиц, как правило, дисковидной формы. Формируемый слой имеет пористость 2–7 %. Наличие пор в покрытии обеспечивает более качественное удержание смазки на рабочей поверхности деталей, работающих в условиях трения-скольжения, снижая силу трения между сопрягаемыми поверхностями и, тем самым, увеличивая рабочий ресурс.

Часто быстрый выход из строя деталей связан с присутствием в зоне трения инородных частиц, обладающих высокой твердостью (абразивные частицы). Находясь между трущимися поверхностями, они внедряются в поверхность, вызывая абразивный износ. При постоянном процессе абразивного воздействия деталь быстро выходит из строя.

Среди существующих методов испытания материалов на износостойкость, для оценки работоспособности покрытий в присутствии абразивных частиц, наиболее подходящим является изнашивание о незакрепленные частицы [2]. Последний позволяет создать условия, наиболее близко повторяющие процессы, протекающие при работе пары трения в присутствии абразива.

Одним из важных показателей, характеризующих стойкость материала против износа, является его твердость. Исходя из этого, можно предположить, что износостойкость газотермического покрытия также будет напрямую зависеть от его твердости.

УДК 624.01/.04

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА НА НАЧАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАРБОНИЗАЦИИ

Д. С. СТЕПАНЦОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

В последние годы проблеме долговечности железобетонных элементов (ЖБЭ) уделяется много внимания. Значительные масштабы применения этих строительных изделий и разнообразие условий их эксплуатации ставят задачу гарантировать требуемые сроки службы железобетона. Однако, в процессе эксплуатации под воздействием внешней среды, возникают различного рода повреждения железобетонных элементов, т. е. происходят изменения свойств материалов, снижающие их качество, несущую способность и долговечность.

Одним из основных факторов, влияющих на долговечность ЖБЭ, является карбонизация бетона, представляющая собой процесс взаимодействия углекислого газа воздуха с продуктами гидратации вяжущего. Этот процесс вызывает потерю защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, что способствует развитию процессов ее коррозии. А интенсивное коррозионное разрушение арматуры, в свою очередь, приводит к постепенной потере несущей способности элемента. Эти факторы обуславливают актуальность изучения процессов карбонизации и создания методики ее оценки и прогнозирования. Но для того чтобы точно определять и прогнозировать развитие карбонизации бетона необходимо предварительно определить ее начальные параметры.

Основными показателями защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре являются показатель pH (водородный показатель водной вытяжки цементного камня), который является универсальной характеристикой состояния бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре, а также показатель КС (карбонатная составляющая), характеризующий количественное содержание карбонатов в цементно-песчаной фракции бетона в массовых процентах в исследуемой пробе, который позволяет оценить влияние роста карбонатов на изменение показателя pH.

Целью проведенных исследований было определение начальных параметров pH_0 и $КС_0$ бетона в зависимости от условий его твердения (нормальные условия либо тепло-влажностная обработка (ТВО)).

Для исследования pH_0 и $КС_0$ применялись кубы бетона размерами 100×100×100 мм из тяжелого бетона составов, применяемых для массивных железобетонных конструкций с В/Ц = (0,3÷0,35) и классов по прочности на сжатие $С^{12}/_{15}$ и $С^{18}/_{22,5}$. Было изготовлено три серии образцов по три контрольных образца в каждой. В качестве вяжущего при приготовлении образцов использовался цемент типа ПЦ-500-Д20 цементного завода в

УДК 624.012

СОЕДИНЕНИЕ КОЛОНН С ПЕРЕКРЫТИЯМИ В СБОРНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПОД СОЦИАЛЬНОЕ ЖИЛЬЕ

С. Д. СЕМЕНЮК, Д. И. ЖИЛИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОСИИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь остро стоит проблема обеспечения населения доступным жильем. Так как самыми дешевыми являются здания из железобетонных панелей, то авторами и исследуется возможность строительства оптимально энергоэффективных и недорогостоящих домов доступных категории людей среднего достатка.

В настоящее время стоимость одного квадратного метра жилья колеблется от 700 до 1 500 $. Причин для такой высокой стоимости жилья много. Основными из них являются – высокая трудоемкость монтажа, низкий уровень механизации технологических процессов, малоэтажность и высокая материалоемкость. Для выявления положительных и отрицательных аспектов при решении проблемы высокой стоимости жилья авторами проведен критический анализ девяти серий крупнопанельного домостроения. Проведенный анализ указывает на то, что можно получить новое решение крупнопанельного домостроения, учитывающего все плюсы исследуемых девяти серий конструктивных решений.

Анализу были подвергнуты серии: ОАО «Могилевский домостроительный комбинат» – 90-3, ШБС (широтная блок-секция); ОАО «Бобруйский завод крупнопанельного домостроения» – типовой проект БО/9-01; ОАО «Бобруйский КЖИ» – серия 90 для Бобруйского завода железобетона №159; ОАО «МАПИД» – М464-М, М464-У1, М111-90; разработки Полтавского национального технического университета серии «КУБ-4»; а также переработанной серии 1-020 для жилищного строительства.

Изучив плюсы и минусы девяти различных серий крупнопанельного домостроения Республики Беларусь и ближнего зарубежья, предлагается новое решение, в котором будет использована каркасная схема несущих конструкций в безбалочном исполнении, что позволит добиться свободной планировки квартир. Крепление колонн и плит перекрытия можно производить при помощи болтовых соединений, благодаря этому ускоряется монтаж. А также опирание плит перекрытий можно осуществлять непосредственно на колонны.

Для определения износостойкости газотермических покрытий из порошковых материалов, созданных по технологии реакционного механического легирования, была проведена серия опытов. Исследованы материалы на основе железа, включая композиции системы Fe-Al, а также коррозионностойкие стали 40Х13, 12Х18Н10.

Испытания покрытий на износ проводились по режимам, соответствующим требованиям ГОСТ 23.208-79, ГОСТ 23.224-86.

В результате исследований было установлено, что наибольшей износостойкостью обладает покрытие, полученное напылением порошка, изготовленного из композиции системы Fe-30Al-MoO_3, средняя твердость которого составила 510HV. В тоже время покрытие из порошкового материала системы Fe-30Al-Fe_2O_3, твердостью 520HV показало износостойкость на 70 % ниже, что значительно меньше даже износостойкости материала Fe–30%Al–5Cr, твердостью 490HV.

Покрытие, нанесенное порошковым материалом, соответствующим по составу стали 40Х13 твердостью 645HV, также показало относительно невысокую износостойкость.

Дополнительными исследованиями структуры покрытий было установлено, что те из них, которые показали относительно невысокую износостойкость, при высоком значении твердости, отличаются повышенной пористостью.

Из проведенных исследований были сделать следующие выводы:

– значимую роль в стойкости газотермического покрытия против абразивного изнашивания играет его пористость. Поры, являясь препятствиями на пути абразивных частиц, мешают их свободному скольжению и перекатыванию по поверхности, облегчают их внедрение в поверхностный слой, способствуя отделению частиц материала покрытия;

– исходя из вышесказанного, на износостойкость газотермического покрытия в присутствии абразива, существенную роль будет оказывать энергия связи между отдельными частицами, образующими слой;

– стойкость газотермического покрытия к абразивному изнашиванию во многом будет определяться не только физико-механическими свойствами наносимого материала, но и технологическими параметрами процесса напыления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Газотермическое напыление композиционных порошков / А. Я. Кулик и [др.]. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 199 с.

2. **Власов, В. М.** Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей / В. М. Власов. – М. : Машиностроение, 1987. – 304 с.

УДК 621.9

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И ПОКРЫТИЯ ИЗ НИХ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО, А. Э. ЛИПСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

В ряде случаев для получения качественных газотермических покрытий, способных работать в сложных температурно-силовых условиях и в присутствии агрессивной атмосферы, необходимо применение высоколегированных сталей либо специальных сплавов. Применение сплавов на основе никеля, хрома, кобальта, молибдена зачастую является экономически нецелесообразным. В то же время, порошковые материалы на основе легированных сталей во многих случаях не обеспечивают получение покрытий, сочетающих высокую твердость, жаростойкость и жаропрочность [1].

Перспективным способом, позволяющим синтезировать порошковые материалы, покрытия из которых отличаются высоким комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, является реакционное механическое легирование (РМЛ). Технологический процесс получения порошкового материала по технологии РМЛ заключается в интенсивном механическом воздействии на исходную порошковую шихту с помощью рабочих тел, в качестве которых используются стальные либо керамические шары. Обработка ведется в специальных устройствах, получивших название механореакторов. В ходе обработки материала протекают процессы измельчения исходных компонентов, объединения по свежим поверхностям осколков в конгломераты, а так же взаимодействие между отдельными составляющими с образованием новых, как правило, наноразмерных фаз.

Порошковые материалы, полученные по технологии РМЛ, отличаются сложным фазовым составом и имеют суб-/микрокристаллическую структуру, сохраняющуюся при нагреве до высоких температур. Следует ожидать, что газотермические покрытия, полученные из таких порошков, будут наследовать структуру исходного материала с сохранением свойств на высоком уровне.

В данной работе представлены результаты исследований разработанных порошковых материалов для газотермического напыления состава Fe–13%Cr–0,2%C и Fe–18%Cr–10%Ni, полученных по технологии РМЛ, а так же покрытий из них.

Система Fe–13%Cr–0,2%C. В ходе исследования было установлено, что материал, прошедший обработку, представляет собой многофазную

УДК 691.5:666.96

ОТДЕЛОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Р. П. СЕМЕНЮК, Д. Д. САКОВИЧ, А. С. САЛАНОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Могилев, Беларусь

В последние годы с развитием технологий производства отделочных материалов в Республике Беларусь взят курс на замещение импорта и экономичное использование ресурсов нашей страны. Для реализации поставленной задачи необходимо задействовать также и вторичное продукты текстильной промышленности, что позволит рационально использовать государственные ресурсы.

Декоративная штукатурка занимает существенное место на зарубежном рынке, однако недостаточно распространена на белорусском рынке. Разработана штукатурка с использованием вторичных продуктов текстильной промышленности. При одинаковых свойствах импортного материала и предлагаемого разработчиками материала существенным недостатком зарубежного аналога является цена, которая недоступна для потребителей со средним достатком.

Предлагаемый отделочный материал на основе вторичных продуктов текстильной промышленности используется для внутренней отделки поверхностей стен в различных помещениях жилых и общественных зданий. Наносится на оштукатуренные, бетонные поверхности, предварительно очищенные от масла, жира, остатков краски и других субстанций, способных снизить адгезию.

Данный отделочный материал характеризует экологическая чистота покрытия, паропроницаемость, теплопроводность, звукоизоляция.

Широкий спектр цветов позволяет варьировать оттенки стенных покрытий от спокойных до контрастных тонов. Для любителей авангарда возможно создание покрытия с сочетанием различных цветов, что позволит получить индивидуальность отделки.

Применение разработанной декоративной штукатурки на основе вторичных продуктов текстильной промышленности позволяет снизить затраты на производство декоративной штукатурки до 50 % – тем самым обеспечить доступность цены готовой продукции.

Предлагаемый материал в 1,7…3,8 раза дешевле зарубежных аналогов. При этом предлагается рациональный способ утилизации промышленных отходов текстильной промышленности.

В то же время, существует способ интенсификации процесса отверждения за счет применения терморадиационного нагрева. К этому типу нагрева можно отнести инфракрасное (ИК) излучение, суть которого заключается в том, что любое нагретое тело испускает невидимые электромагнитные колебания с длиной волны от 0,76 до 750 мкм.

В целом ИК-излучение можно разделить на три диапазона:

– коротковолновой (0,76–2,0 мкм);

– средневолновой (2–3 мкм);

– длинноволновой (свыше 3 мкм).

Данный способ отверждения получил широкое применение при ремонтно-восстановительных работах ЛКП на автомобилях, и позволяет существенно сократить время на отверждение ЛКМ в 3–5 раз [1].

Источниками излучения являются различные типы нагревателей: трубчатые, керамические и кварцевые излучатели, а также галогеновые лампы.

Данные типы нагревателей работают в различных диапазонах излучения. Эффективность применения ИК-излучения будет определяться проникающей способностью лучей через слой ЛКМ. В этом случае лучистая энергия проходит через всю толщу ЛКМ, доходит до древесной поверхности и нагревает именно ее. В таком варианте отверждение покрытия происходит в направлении от древесины к границе ЛКМ-воздух. И при этом создаются благоприятные условия для выхода разбавителя из ЛКП и достигается лучшее качество покрытия.

В случае, если тепло будет поглощаться ЛКМ, то данный процесс не будет ни чем отличаться от конвективного нагрева.

Наибольшей проникающей способностью ИК-спектра обладает коротковолновая область излучения. Однако, в то же время, на проникающую способность будут оказывать влияние вид пленкообразующего вещества, наличие наполнителей, пигментов и т. д. Данные факторы могут являться барьерами для ИК-лучей и поглощать их, а не пропускать. В связи с этим, для каждого ЛКМ необходимо определить максимальную пропускную способность ИК-излучения и установить эту длину волны, чтобы эффективно отверждать покрытия.

В настоящее время на кафедре ТДИД в УО «БГТУ» проводится научная работа по разработке режимов отверждения водно-дисперсионных ЛКМ, применяемых для отделки ССИ ИК-сушкой, а также выбора оптимального типа ИК-излучателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология инфракрасной сушки // сайт компании УП Танал [Электронный ресурс]. – 2008–2010. – Режим доступа: http://www.tanal.by/?section_id=217&.: Дата доступа: 17.02.2014.

композицию, состоящую из феррита, мартенсита, аустенита, промежуточного соединения (Fe,Cr) и цементита. Установлено присутствие карбида железа Fe_2C. Оценкой содержания фаз в материале определено наличие мартенсита в количестве 21 %, аустенита 8 %, а так же некоторое количество феррита.

Полученный материал характеризуется высокой твердостью, достигающей 780 HV. Высокая стойкость против отжига (395 HV)при температуре 1000 ^oC, свидетельствует о наличие дисперсного упрочнения. Наиболее вероятной упрочняющей фазой, в данном случае, является оксид хрома Cr_2O_3, находящийся в наноструктурном рентгеноаморфном состоянии.

Система Fe–18%Cr–10%Ni. Данная композиция, как и предыдущая, имеет сложный фазовый состав, включающий: твердые растворы легирующих элементов в железе – феррит, мартенсит, аустенит; сверхструктуру–(Fe,Cr); интерметаллид–$FeNi_3$; карбид–Fe_2C; никель. Количество феррита в материале составляет примерно 35 %. Согласно результатам исследования эта фаза легирована никелем и, вероятно, хромом. Аустенит легирован как никелем, так и хромом и описывается формулой $Cr_{0,19}Fe_{0,7}Ni_{0,11}$. Количество аустенита составляет ≈40 %. Мартенсит имеет концентрацию углерода ≈0,9 %, а его количество достигает 15 %. Сверхструктура – σ-фаза (Fe,Cr), интерметаллид – $FeNi_3$, элементарный никель присутствуют примерно в равных количествах.

Композиция имеет высокую микротвердость, равную 620 HV, снижающуюся до 410 HV после отжига при 1000 ^oC. Высокая стойкость против длительного высокотемпературного воздействия обусловлена наличием дисперсного упрочнения, связанного с образованием наноструктурных включений оксидов хрома, находящихся в рентгеноаморфном состоянии.

Согласно результатам металлографических исследований, газотермические покрытия наследуют субмикро-/микрокристаллический тип структуры напыляемого материала. Все элементы имеют дисперсное и равномерное распределение. Фазами, стабилизирующими и упрочняющими основу, являются синтезированные наноразмерные включения карбидов, интерметаллидов и оксидов. Покрытия имеют комплексное упрочнение, сочетающее твердорастворное, зернограничное, дисперсионное и дисперсное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ловшенко, Ф. Г.** Композиционные наноструктурные механически легированные порошки для газотермических покрытий : монография / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т. – 2013. – 215 с.

УДК 666.295.1

СТЕКЛОВИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СТЕН ОДНОКРАТНЫМ ОБЖИГОМ

С. К. МАЧУЧКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Производство керамической плитки для внутренней облицовки стен однократным обжигом имеет неоспоримое преимущество перед технологией, предусматривающей двукратный обжиг, заключающееся в снижении затрат на энергопотребление за счет отказа от политого обжига. Отличительной особенность технологии однократного обжига является наложение во временных и температурных интервалах процессов формирования керамического черепка и глазурного покрытия, что приводит к ужесточению требований при подборе составов керамических масс и глазурей.

Керамическая основа представляет собой сложную многокомпонентную систему, включающую глинистые материалы, отощители и плавни. В процессе обжига в системе протекают различные физико-химические процессы (удаление воды, полиморфные превращения, разложение карбонатов), сопровождающиеся изменением размеров образцов и их структуры. При однократном обжиге облицовочных плиток карбонатсодержащие материалы, способствующие сохранению стабильности геометрических размеров изделий, приводят к образованию наколов на глазурном покрытии вследствие интенсивного газовыделения, вызванного их разложением.

Глазури, применяемые для декорирования при политом обжиге облицовочных плиток, характеризуются довольно широким интервалом спекания 150−200 °С, который совпадает с температурами разложения доломита 680−800 °С. Это требует разработки новых составов глазурей с повышенными температурами спекания 890−920 °С, при этом глазурь должна быстро плавиться и образовывать ровную и гладкую поверхность за короткий промежуток времени и в узком интервале температур.

Для решения поставленной задачи был проведен синтез глазурных стекол в системе R_2O –RO – Al_2O_3 – B_2O_3 – SiO_2 (где R_2O – Na_2O, K_2O; RO – CaO, ZnO, MgO, BaO) при следующем содержании компонентов, мол. % (здесь и далее по тексту приведено мольное содержание): SiO_2 62–69,5; B_2O_3 2,5–10; CaO 10–17,5; Na_2O, K_2O, BaO, ZnO, MgO, Al_2O_3 – остальное.

Глазурные стекла варились в газопламенной печи при температуре 1450 ± 20 °С. Глазури готовились мокрым помолом фритт с добавкой 8 % по массе каолина и наносились методом полива на предварительно высушенный полуфабрикат. Обжиг образцов проводился в условия ОАО «Березастройматериалы» при температуре 1100 ± 5 °С в течение 48 мин.

УДК 667.657.2:674.04

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

С. А. ПРОХОРЧИК, А. С. ЧУЙКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Наибольшие энергетические затраты в процессе формирования защитно-декоративных покрытий (ЗДП) столярно-строительных изделий (в дальнейшем ССИ) (оконные блоки и дверные полотна) занимает процесс отверждения лакокрасочных материалов (ЛКМ).

Следует обратить внимание на то, что в качестве ЗДП последнее время используются экологически-безопасные водно-дисперсионные материалы. Применение данного типа материалов снижает взрыво- и пожароопасность производства, улучшает санитарно-гигиенические условия труда, а также позволяет обеспечить долговременную защиту оконных блоков, изготовленных из древесины.

Если рассматривать небольшие деревообрабатывающие предприятия, выпускающие ССИ, то в основном процесс сушки осуществляется в естественных цеховых условиях. Что касается процесса отверждения таких материалов, то в среднем сушка одного слоя краски занимает порядка 90 мину при температуре t_c = 20±2 °С и относительной влажности воздуха φ= 60–70 %. При использовании ускоренного способа отверждения – конвективной сушки – процесс можно сократить до 60 минут на один слой, параметры сушки при этом будут составлять t_c = 35±5 °С и φ = 50–60 %. Однако повышение температуры может привести к возникновению дефектов на поверхности покрытия. В то же время необходимо отметить низкий КПД конвективной сушки – около 3–4 % из-за низкой теплопроводности воздуха.

По сути, процесс отверждения имеет направленное образование твердой пленки от границы воздух-ЛКМ к границе ЛКМ-древесина. Такой механизм не является оптимальным, так как образующаяся пленка будет препятствовать выходу разбавителя из верхних слоев покрытия. Довольно часто, при таком способе отверждения, возникает ощущение полного отверждения ЛК пленки, т. е. при прикосновении к поверхности она кажется отвержденной, однако, внутри будет иметься не до конца отвержденная часть материала. И как следствие, при контакте таких поверхностей (стопировании элементов оконных блоков), за счет процессов частичной диффузии, происходит их слипание, а при рассоединении – происходит порча покрытий соприкасающихся деталей.

После активации в течение 40 минут порошок показал полную гидрофобность (не оседает в кипящей воде в течение 4 минут и более).

Приготовленный на активированном минеральном порошке асфальтобетон горячий мелкозернистый тип В III марки имеет показатели, приведенные в табл. 1.

Табл. 1. Показатели свойств асфальтобетона тип В III марки на активированном минеральном порошке

Показатели свойств	Исследуемый асфальтобетон	Требования ГОСТ
Прочность при сжатии $R^{20°C}$, МПа, не более	3,6	2,0
Прочность при сжатии $R^{50°C}$, МПа, не более	1,5	0,9
Прочность при сжатии $R^{0°C}$, МПа, не более	6,5	8,0
Водонасыщение, %, не более	3,5	1,0 – 4,0
Набухание, %, не более	0,43	не нормируется
Коэффициент водостойкости, не менее	0,96	0,75

Следует обратить особое внимание на лучшее перемешивание смеси, т.к. активатор работает как смазка. Активированный минеральный порошок не пылит, смесь с применением активированного минерального порошка более удобоукладываемая.

Таким образом, применение данного решения позволяет получить предпосылки к созданию долговечного асфальтобетонного покрытия с высокими эксплуатационными свойствами и облегчить хранение и транспортирование минерального порошка.

Блестящие, с хорошим разливом бездефектные прозрачные покрытия образуются в интервале температур 1060−1100 ºС при содержании CaO 10−12,5 %, B_2O_3 2,5−5 % и SiO_2 64,5−67 %.

Как видно на рис. 1 со скола образца с бездефектной поверхностью продукты дегазации, являющиеся главными источниками наколов, представлены пузырьками малых размеров (0,1−0,15 мкм) и их количество незначительно и не влияет на качество покрытия.

а) б)

Рис. 1. Электронный снимок со скола образца с бездефектной поверхностью (увеличение ×200 (а); ×1000 (б)

Наличие в составах глазурных стекол оксидов щелочноземельных металлов (CaO, ZnO, MgO, BaO), наряду с оксидами щелочных металлов (Na_2O, K_2O), способствует повышению устойчивости покрытий к развитию самопроизвольной кристаллизации.

Помимо этого, как известно[1], с одной стороны, оксид кальция понижает высокотемпературную вязкость стекол, что в условиях скоростного однократного обжига, когда плитка находится в зоне температур 900−1070 °С в течение 5−6 минут, позволяет получать равную и гладкую поверхность изделий. С другой стороны, оксид кальция увеличивает низкотемпературную вязкость, повышая температуру спекания покрытий.

Однако в области составов глазурных стекол, содержащих, %:CaO 12,5–17,5; B_2O_3 2,5; SiO_2 62–67, при увеличении содержания CaO взамен SiO_2 происходит снижение температуры спекания глазурей. В этой области определяющее влияние на спекание покрытий оказывает оксид кремния – как наиболее тугоплавкий компонент системы.

Кроме того, глазурные стекла в данной области составов склонны к кристаллизации. Рентгенофазовым анализом установлена кристаллизация анортита и волластонита. Степень глушения покрытий усиливается при увеличении содержания в составах стекол оксида кальция.

Бездефектные прозрачные покрытия характеризуются следующим комплексом свойств: блеск – 80−70 %, микротвердость – 5500−5650 МПа, температурный коэффициент линейного расширения – $(63−65)\cdot10^{-6}К^{-1}$, термостойкость – 250 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аппен, А. А**. Химия стекла / А. А. Аппен. – Л. : «Химия», 1974. – 352 с.

УДК 528.721.063.1

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЦММР

Ю. А. МЕЛЬНИК, *А. В. МЕЛЬНИК
*«ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Л. Украинки»
Луцк, Украина

По своему характеру фрактальная размерность связана не с топологией, а с метрикой, т. е. способом построения множества. Неформальное объяснение заключается в том, что для каждого целого числа γ D-мерный куб можно замостить $N = \gamma^D$ кубиками, подобному данному с коэффициентом самоподобия $\gamma(W) = \gamma^{-1}$.

Расчет фрактальной размерности ЦММР методами покрытия – предлагаются следующие алгоритмы.

Изолинейный алгоритм. Пусть исследуемая поверхность Ω задана ЦММР (в узлах регулярной сетки заданы аппликаты микрорельефа). Производится выбор некоторых множеств (базовых покрытий) микрорельефа поверхности. Для упрощения алгоритма в качестве базового множества взят квадрат со стороной r. Базовые покрытия – это квадраты, длина сторон которых равна $8r$, $4r$, $2r$, r и $r/2$ (рис. 1). На основе ЦММР строится карта изолиний микрорельефа с шагом r по оси Z. Для каждого базового покрытия “методом палетки” производится последовательный подсчет площади территории, образованной каждой изолинией. Суммируются все площади территорий для каждой изолинии и для каждого покрытия.

Имея набор базовых покрытий и, соответственно им площадь территории для каждой изолинии, строится графическая зависимость в дважды логарифмическом масштабе (по одной оси откладываются Ln S, а по второй – Ln r). Через полученное множество точек проводится прямая наилучшего приближения, вычисляется угловой коэффициент этой прямой, и определяется фрактальная размерность каждой изолинии. На основе фрактальных размерностей изолиний ЦММР отыскивается усредненное значение фрактальной размерности ЦММР: $D = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} D_i + 1$.

Второй алгоритм подобен первому с тем отличием, что отыскивается не площадь территорий, образованных изолиниями, а непосредственно площадь поверхности ЦММР.

Пусть исследуемая поверхность Ω задана ЦММР (в узлах регулярной сетки заданы аппликаты микрорельефа). Производится выбор некоторых множеств (базовых покрытий) микрорельефа поверхности. Для упрощения алгоритма в качестве базового множества взят квадрат со стороной r. Базовые покрытия – это квадраты, длина сторон которых равна $8r$, $4r$, $2r$, r и $r/2$

УДК 625. 7/8

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

Г. В. ПРОВАТОРОВА, К. М. ЯКОВЛЕВА, О. Ю. ГАВРИЛОВ
Федеративное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. Г. и Н. Г. Столетовых»
Владимир, Россия

Вопросы повышения качества строительных материалов в настоящее время являются весьма актуальными, т.к. возрастающие нагрузки на дорожную конструкцию из-за прироста интенсивности движении на дорогах приводят к увеличению износа и разрушающих воздействий.

Существует несколько направлений повышения качества асфальтобетона, прежде всего направленные на улучшение свойств исходных сырьевых материалов, а также основанные на оптимизации подбора минерального состава асфальтобетонной смеси и корректировке оптимального содержания битума.

Наиболее широко применяемым способом улучшения качества дорожных битумов является его модификация, т.е. введение специальных добавок – модификаторов, позволяющих скорректировать показатели качества вяжущего в зависимости от дорожно-климатической зоны, разновидности минеральных материалов, используемых в составе асфальтобетона.

Не менее эффективным, но применяемым значительно реже способом, является использование активированных минеральных порошков.

Статистический анализ сроков службы асфальтобетонных покрытий показывает, что при нормативных сроках 15–17 лет, покрытия служат 6–12 лет. В 80 % случаев причиной преждевременного разрушения покрытия является повышенное трещинообразование. Возросшая интенсивность движения и большое разнообразие эксплуатационных нагрузок, действующих на дорожные покрытия, в сложных погодно – климатических условиях диктуют повышенные требования к сырьевым материалам.

В настоящей работе было рассмотрено влияние качества минерального порошка на показатели свойств асфальтобетона.

Анализ минерального порошка показал, что он не соответствует ГОСТам по двум важнейшим показателям – зерновому составу и гидрофобности. Для приведения этих свойств в соответствие с нормативами предпринята его активация.

Активирующей смесью состава ПАВ:битум = 1:2 обработан исследуемый минеральный порошок, который затем подвергнут помолу в шаровой мельнице.

«Projektowanie konstrukcji zelbetowych wj Eurocodu 2 i PN-B-03264:1999.» [Warszawa, 2000-547s], данное несоответствие приводит к ошибкам в «безопасную» сторону, определяя некоторый лишний предел безопасности. Поэтому применение других расчетных моделей требует для статически определимых конструкций специального обоснования.

В статически неопределимых железобетонных конструкциях происходит перераспределение усилий, связанное в основном с изменением жесткостных характеристик сечений при росте нагрузки, поэтому большинство норм рекомендуют использовать наиболее простые методы расчета с ограниченным перераспределением усилий, которые так же позволяют оценить перераспределение деформаций конструкций в целом.

Используя линейно-упругий метод при расчетах статически неопределимых конструкций, обычно их рассчитывают как упругие системы с последующим ограничением перераспределения усилий, которое в основном заключается в уменьшении опорных и увеличении пролетных изгибающих моментов (т. е. изменении НДС нормальных сечений). При этом считается, что возможно снизится расход арматуры, сократится трудоемкость изготовления монтажных узлов, увеличится пролет конструкций, без изменения размеров поперечного сечения и т. д.

В настоящее время почти во всех указаниях по расчету и проектированию железобетонных конструкций в большей или меньшей степени допускается учитывать явления перераспределения усилий. Расширению применения новых методов способствует то обстоятельство, что в существующих международных документах рекомендуется принимать во внимание изменение в распределении усилий, вызванное возникновением трещин и пластическими свойствами конструкций.

Обосновывая необходимость учета перераспределения усилий при проектировании статически неопределимых конструкций, следует подчеркнуть, что при этом глубже уясняется поведение конструкции в различных условиях работы; экономится материал (в первую очередь арматура), снижается трудоемкость изготовления конструкции и улучшается ее качество, упрощается расчет.

Много научно-исследовательских работ, статей посвящено перераспределению усилий. В большинстве из них исследовались (рассматривались) предварительно напряженные железобетонные элементы (конструкции) или элементы армированные стальной ненапрягаемой арматурой класса S400 и ниже. Сегодня, в качестве ненапрягаемой рабочей арматуры для железобетонных конструкций допускается использовать арматуру классов S500 и S240 (согласно СНБ 1704-2012). В наших исследованиях планируется пронаблюдать перераспределение усилий и проанализировать работу статически неопределимой (двухпролетной) железобетонной балки армированной стальной арматурой класса S500и сделать соответствующие выводы.

(рис. 1). Для каждого базового покрытия производится последовательный подсчет площади поверхности ЦММР. Просматривается каждая клетка равномерной сетки аппликат в отдельности и определяется интерполированием аппликата z для точки, лежащей на пересечении диагоналей клетки равномерной сетки.

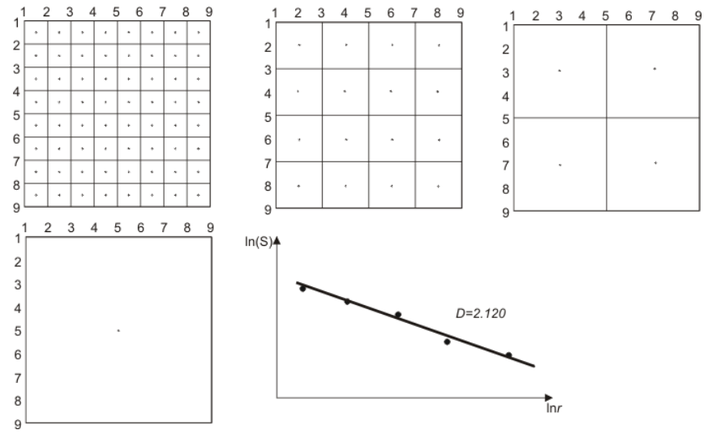


Рис. 1. Иллюстрация поэтапного разбиения поверхности ЦММР для определения фрактальной размерности методами покрытия

Вычисляется площадь площадей четырех треугольников, образованных на данной клетке равномерной сетки, через пространственные координаты точек регулярной сетки и средней точки клетки. Просуммировав все площади треугольников по каждой клетке регулярной сетки, определяется площадь поверхности ЦММР. Имея набор длин базовых покрытий и, соответственно им площадь поверхности, строится графическая зависимость в дважды логарифмическом масштабе по одной оси откладываются Ln *S*, а по второй – Ln *r*). Через полученное множество точек проводится прямая наилучшего приближения, вычисляется угловой коэффициент этой прямой, и определяется фрактальная размерность исследуемой поверхности.

Возможная модификация данного алгоритма состоит в заполнении "рельефного" объема поверхности кубами, длина ребер которых равна 4ε, 2ε, ε, $\varepsilon/2$ с последовательным подсчетом количества кубов $N(\varepsilon)$ со стороной ε, которая повторяется для всех базовых покрытий, в том числе и для проинтерполированной более густой сетки с ребром $\varepsilon/2$. Имея набор длин ребер покрытий и соответственно им количество этих покрытий, строится график зависимости $\mathrm{Ln}(N(\varepsilon)) - \mathrm{Ln}(\varepsilon)$.

УДК 678.675

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

В. В. МОЗГАЛЁВ, Н. Р. ПРОКОПЧУК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Необходимость уменьшения количества отходов и проблемы вторичного использования сырья диктует приоритетные направления работ в области полимерного материаловедения.

Наиболее распространенным способом утилизации резиновых отходов является их измельчение с получением порошков различного дисперсного состава. Частичная замена каучука на резиновый порошок может позволить экономить ценное полимерное сырье и снизить стоимость материала.

Таким образом, одной из важных задач резиновой промышленности является разработка дозировок и методов модификации резиновой крошки и способов введения их в состав эластомерных композиций без ухудшения эксплуатационных характеристик готовых изделий.

Основным сырьем для производства монолитных неформовых шприцованных изделий, таких как уплотнители для автостекол используют СКЭПТ и термоэластопласты (ТЭП). В последнее время ТЭП находят все более широкое применение. Однако, из-за некоторых специфических особенностей, их использование ограничено, особенно при повышенных температурах. В этих случаях нередко применение вулканизованных ТЭП позволяет в некоторой степени решить данную проблему.

Целью данной работы являлось сравнение основных показателей резины (без применения резиновой крошки) с другими ее вариантами, полученными с применением резиновой крошки, модифицированной термоэластопластом, а также с самим термоэластопластом, содержащим различные дозировки крошки.

В качестве объектов исследования были использованы резиновая смесь на основе СКЭПТ-50, термоэластопласт типа SEBS марки ENSOFTSD-161-55A-000-T1 и их композиции с резиновой крошкой из вулканизатов на основе СКЭПТ. Крошка была получена на дробильных вальцах и предварительно перед смешением прошла активацию путем измельчения в планетарной мельнице «Pulverisette 6» фирмы «FRITCH» совместно с предполагаемым активатором поверхности (ТЭПом). Исследовалась дозировка (10 масс. %.) модифицированной таким образом крошки и не модифицированной крошки. Эти материалы получали как без дополнительного введения вулканизующей системы, так и при их введении (0,2 масс.ч. серы и 0,2 масс.ч. тиурам Д).

УДК624.012.35

К ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЮ УСИЛИЙ В ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, АРМИРОВАННЫХ НЕНАПРЯГАЕМОЙ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРОЙ

М. Ч. ПОЛОНСКИЙ, Н. Н. ШАЛОБЫТА
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Пластические свойства железобетонных конструкций в расчетах учитывают уже много лет. Различные приближенные методы оценки перераспределения усилий в конструкции по сравнению с якобы упругой ее работой основаны на знании того обстоятельства, что можно допустить определенные отклонения от теоретического распределения, которые не будут неблагоприятно влиять на надежность конструкции.

Некоторые пособия указывают, что при расчете по I группе предельных состояний статически неопределимых железобетонных конструкций, допускается учитывать перераспределение усилий, связанное в основном с изменением соотношения жесткостей элементов при росте нагрузки и выполнении требований II группы предельных состояний. Учитывая ряд закономерностей, можно на стадии проектирования создавать такие условия, чтобы перераспределение усилий происходило в заданном направлении. Это позволяет получить существенный технико-экономический эффект, который еще далеко не полностью реализуется при проектировании.

В соответствии с требованиями норм [EN 1990:2001] при проектировании железобетонных конструкций допускается использовать различные расчетные методы, выбор которых в основном определяется не только квалификацией проектировщика, классом ответственности сооружений, видом несущих конструкций, физико-механическими свойствами материалов, сколько затратами на получение готового продукта при заданном индексе надежности. Поэтому идеализируя при проектировании железобетонную конструкцию по существу ее заменяют теоретической моделью, которая отвечает и позволяет себя рассчитывать основываясь на определенную технику и методику расчета.

Для расчетов статически определимых железобетонных конструкций по первой и второй группам предельных состояний, как правило, применяют наиболее простую расчетную модель линейно-упругого метода. При этом, не смотря на то, что появляются некоторые несоответствия в рамках принятых норм [СНБ 5.03.01-02] положений метода предельных состояний, связанные с методами расчета по первой и второй группам предельных состояний, на расчет конкретного сечения примененная методика влияния практически не оказывает. Как показывает анализ выполненный в работе Тарсо А.

ширине ± 4 мм; по толщине ± 3 мм. Для блоков из ячеистых бетонов: при кладке на растворе номинальные отклонения по высоте длине и толщине составляют ± 3 мм; при кладке на клею отклонения по высоте составляют ± 1 мм, а по длине и толщине ± 2 мм.

Анализируя приведенные данные по нормативным предельным отклонениям от номинальных размеров и геометрической формы мелкоштучных каменных материалов, можно сделать вывод о том, что при возведении каменных конструкций существуют значительные резервы повышения качества работ за счет соблюдения нормативных отклонений поверхностей стен и перегородок. Анализ допусков по толщине стен показывает, что рекомендуемый плюсовой допуск по толщине стен должен быть не более 10 мм, как и для отклонений поверхностей и углов кладки от вертикали на один этаж. Качественная (ровная) поверхность позволяет уменьшить число технологических операций, использовать современные высокопроизводительные штукатурные станции и шпаклевочные агрегаты для производства штукатурных работ.

Практика производства штукатурных работ механизированным способом (рис. 1) свидетельствует о том, что звено в составе из 4-х человек отделочников без труда делает 400 м^2 покрытия в смену.

Рис. 1. Механизированное оштукатуривание стен

Современные мобильные штукатурные станции и шпаклевочные агрегаты позволяют качественно выполнять штукатурные покрытия поверхностей механизированным способом, обеспечивать своевременный ввод жилых и общественных зданий в эксплуатации при наименьших материальных и трудовых затратах на производство работ.

Также исследовались образцы ТЭП, содержащие 10, 15, 20 масс. % резиновой крошки. Активатор поверхности (ТЭП) вводили в количестве 50 % мас. от массы резиновой крошки. Для сравнения влияния на различные свойства данных смесей использовали образец сравнения – исходные резиновые смеси на основе СКЭПТ, а также эластомерная композиция на основе ТЭП. В работе исследовались механические свойства динамических ТЭП на основе СКЭПТ и полипропилена нескольких марок с разным соотношением компонентом, а также размеров каучуковой фазы. Процесс динамической вулканизации осуществлялся путем смешивания комбинации эластомера и пластмассы в шнековом экструдере с последующим добавлением вулканизующих агентов. Последующая переработка смеси осуществлялась методом литья под давлением.

Установлено, что введение резиновой крошки и крошки, совмещенной с термоэластопластом, приводит к снижению времени достижения оптимальной степени вулканизации и увеличению скорости вулканизации, что объясняется, вероятно, процессами миграции структурных элементов и массопереноса вследствие активации крошки.

Определенно, что введение в резиновую смесь измельченного вулканизата снижает относительное удлинение при разрыве не более чем на 15 %. При введении дополнительного количества вулканизующих агентов относительное удлинение при разрыве увеличивается. Для резины, содержащей 10 масс. % модифицированной крошки и дополнительное количество вулканизующих агентов снижение свойств выражено меньше. Такая же зависимость при введение резиновой крошки наблюдается и для образцов на основе ТЭП, однако, в большей степени.

Установлено, что введение в резиновую смесь измельченного вулканизата приводит к снижению условной прочности при растяжении. Для резины, содержащей 10 масс. % мод. крошки и дополнительное количество вулканизующих агентов это снижение выражено в меньшей степени. Аналогичная зависимость при увеличении количества вводимой крошки наблюдается для образцов на основе ТЭП.

Выявлено, что введение в резиновую смесь измельченного вулканизата приводит к незначительному снижению твердости. Но, в целом, значения твердости остаются в пределах нормы для стандартной резиновой смеси на основе СКЭПТ. Введение резиновой крошки в ТЭП снижает твердость образцов в большей степени. Для образца, содержащего 10 масс. % резиновой крошки это снижение выражено меньше.

Таким образом установлено, что целесообразно в производстве неформовых РТИ совместное использование со СКЭПТ модифицированного измельченного вулканизующих до 10 масс. % с добавлением дополнительного количества вулканизующих агентов, а также композиции на основе ТЭП с 10 масс. % измельченного вулканизата.

УДК 675.065.004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛАСТИЧНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В РЕЦЕПТУРАХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В. В. МЯДЕЛЕЦ, А. В. КАСПЕРОВИЧ, М. С. ТУРКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Включение измельченной вторичной резины в рецептуру эластомерных композиций считается одним из приоритетных направлений в производстве резинотехнических изделий. Основной проблемой при ее использовании является создание прочных связей между поверхностью измельченного вулканизата (ИВ) и эластомерной матрицей. Это достигается проведением модификации поверхности ИВ различными методами. В данной работе для обработки поверхности измельченного вулканизата на основе бутадиен-нитрильного каучука использовались полиэтиленоксиды.

Целью настоящей работы являлась возможность замены части каучука или технического углерода модифицированным ИВ с последующей корректировкой рецептуры базовой резиновой смеси.

Объектами исследований являлись эластомерные композиции, наполненные немодифицированным (НИВ) и модифицированным в среде полиэтиленоксида (МИВ) измельченным вулканизатом с размером частиц менее 1 мм. При этом исследовалось два типа композиций:

1) с пониженным на 10 % содержанием технического углерода;

2) с пониженным на 10 % содержанием каучука.

По результатам проведенных исследований установлено, что использование в рецептуре исследуемых эластомерных композиций ИВ вместо 10 % технического углерода, позволяет сохранить свойства эластомерной композиции на уровне базовой. При этом введение модифицированной резиновой крошки позволяет увеличить сопротивление старению исследуемых композиций (коэффициент старения по условной прочности уменьшается на 50 %). Вулканизаты на основе данной композиции, содержащие как НИВ, так и МИВ, характеризуются большей стойкостью к действию агрессивных сред, чем в резиновой смеси без добавок.

Выявлено, что исследуемые показатели вулканизатов с уменьшенным содержанием каучука на 10 % ожидаемо, ухудшаются в сравнении с базовой эластомерной композицией.

УДК 693.6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ

И. Л. ОПАНАСЮК, И. А. РЕУТСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУСКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Штукатурные работы могут выполняться вручную, полумеханизированным и механизированным способами.

Способы производства штукатурных работ характеризуются различной трудоемкостью, приведенной в табл. 1.

Табл.1. Трудоемкость выполнения различных видов штукатурки по каменным стенам внутри зданий (чел.-ч /100 м^2)

Вид штукатурного покрытия	Способ производства штукатурных работ			
	Механизированный	Полумеханизированный	Ручной	Ручной – в помещениях с площадью пола менее 5 м^2
Простое	-	31,5	47,5	70,8
Улучшенное	35,0	53,0	70,0	104,3
Высококачественное	51,0	75,0	99,0	147,5

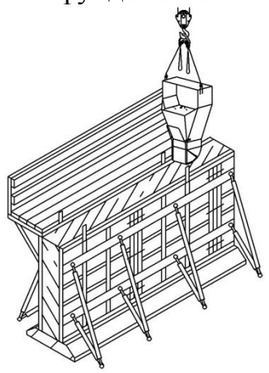
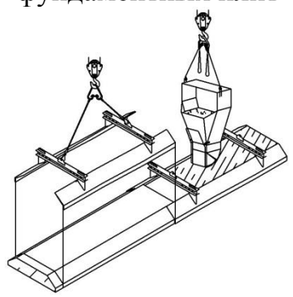
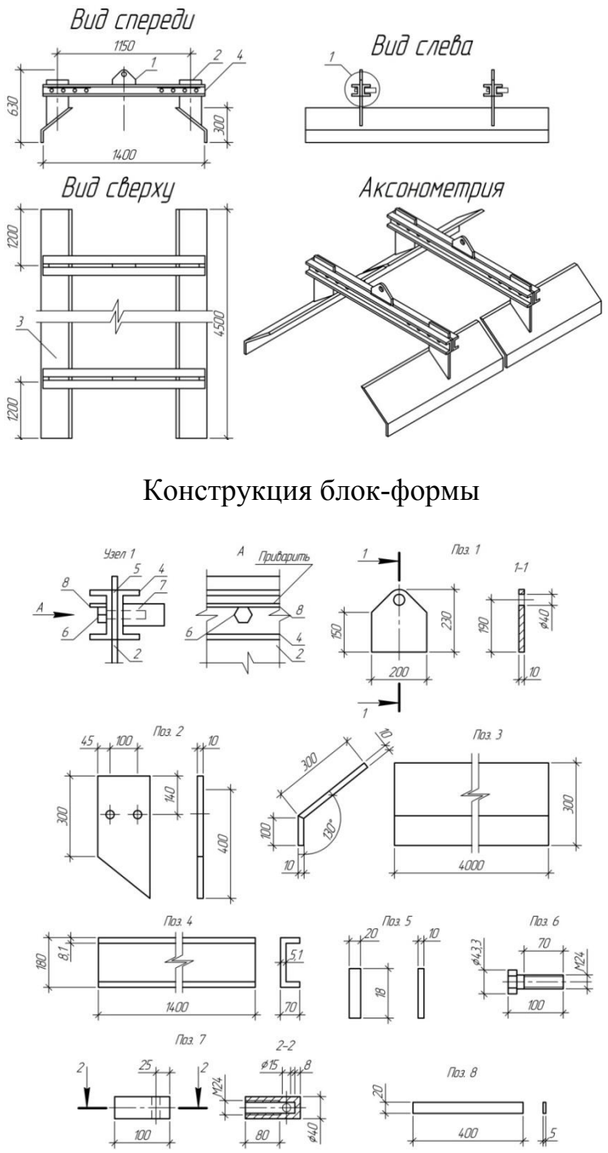
Приведенная нормативная трудоемкость свидетельствует о том, что производительность механизированного оштукатуривания стен в два раза выше ручного и в полтора раза выше полумеханизированного.

Так, например, при ручном улучшенном оштукатуривании стен и перевыполнении норм выработки на 15 % норма на одного штукатура составляет 13 м^2, а при механизированном оштукатуривании – 26 м^2 оштукатуриваемой поверхности в смену.

Одним из направлений снижения трудоемкости и материалоемкости производства штукатурных работ является повышение качества устройства каменных поверхностей стен и перегородок. Чем меньше отклонения стен по толщине и вертикали, тем меньше толщина штукатурного покрытия и количество технологических операций, которые необходимо выполнять для их выравнивания.

Допустимое отклонение толщины конструкций стен равно ± 15 мм, а отклонения поверхностей и углов кладки от вертикали на один этаж составляет 10 мм. Предельные отклонения от номинальных размеров и геометрической формы кирпича и камня силикатного по длине, толщине и ширине составляют ± 2 мм. Для кирпича и камня керамического: по длине ± 5 мм; по

Табл. 1. Конструктивные решения опалубки для возведения монолитных ленточных фундаментов

Наименование	Конструкция опалубки блок-формы для монолитной плиты
Опалубка стен фундамента  Опалубка фундаментных плит 	

УДК 628.161

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

А. С. НОСИКОВ, А. Н. ЖОГАЛЬСКИЙ, А. Н. ПАВЛОВСКИЙ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

При использовании воды для охлаждения технологических аппаратов на поверхности теплообменников происходит образование накипи, которая приводит к значительному ухудшению теплообмена. Интенсивное образование накипи происходит в случае применения воды с высокой карбонатной жесткостью. Считается целесообразным снижать карбонатную жесткость воды до 2 ммоль экв./л. Для этого применяются следующие способы.

Осаждение ионов кальция и магния солями угольной, фосфорной, кремниевой кислот, гидроксидом кальция др. реактивами. Это наиболее простой способ, но, тем не менее, требующий постоянного участия квалифицированного персонала.

Ионный обмен, хотя и относительно дорогостоящий способ, но в настоящее время широко применяющийся на практике. Основной недостаток, это необходимость контроля обменной емкости ионита и его регенерация.

Из таких физических методов как электродиализ, магнитная ионизация и ультразвук наиболее перспективным является электродиализ, позволяющий удалять из воды не только катионы, но и анионы, большинство из которых обладают высокой коррозионной активностью. Магнитная и ультразвуковая обработки не удаляют ионы из раствора, а приводят к образованию осадка, но не на поверхности теплообменника, а в объеме раствора.

В настоящее время развивается направление предотвращения накипеобразования посредством ингибиторов накипеобразования (антинакипинов). Наиболее исследованными являются оксиэтилидендифос-фоновая кислота, нитрилотриметилфосфоновая кислота и их производные. На практике также применяются реагенты с товарными названиями: ПАФ–13, СК–110, ингибитор отложения минеральных солей (ИОМС) и их цинковые комплексы ОЭДФ–Zn, ИОМС–Zn, НТФ–Zn. Антинакипины и особенно их комплексы с Zn способны разрушать уже имеющуюся накипь и дополнительно образовывать на металлах антикоррозионную пленку. Недостатком их применения является забивание тонких теплообменных трубок.

Перспективным является применение комплексонов, механизм действия которых основан на включении внутрь молекулы комплексона катионов жесткости. Дополнительным преимуществом комплексонов является их способность растворять уже образовавшиеся осадки. Катионы металлов, попавшие внутрь комплексона, несмотря на нахождение в растворе, не могут проявить себя в действии, то есть участвовать в образовании осадка. Такой прием иногда называется «маскировкой» и его степень определяется константой нестойкости комплексона с соответствующим металлом. Также является перспективным добавка в исходную воду осадителя (Na_2CO_3, Na_2SiO_3 и др.), далее прохождение раствора через буферную емкость, в которой произойдет укрупнение осадка и случае необходимости удаление его из раствора. Авторами на примере Na_2CO_3 показана возможность применения данного способа. Для работы в автоматическом режиме необходимо дозирование подачи осадителя.

УДК 681.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КАРБОНИТРИДА ЦИРКОНИЯ

С. Р. ОНЫСЬКО, И. Г. ТОМАШЕВ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

В машиностроении во многих технологических процессах используется штамповая оснастка. К условиям работы данного инструмента предъявляют неоднозначные требования, а также к свойствам материала на различных участках. Торцевая часть пробивных пуансонов подвергается ударно-усталостному изнашиванию. Поэтому сталь должна иметь рационально подобранное сочетание двух во многом противоположных свойств: достаточную твёрдость, чтобы избежать смятия рабочих поверхностей инструмента и повышенную вязкость, а также не иметь сколов этих же поверхностей и поломок всего инструмента.

В этой связи, важная роль отводится разработке упрочняющих покрытий на основе карбонитрида циркония, обладающих улучшенными механическими и триботехническими свойствами.

Покрытия карбонитрида циркония наносились на пуансоны из стали Sverker 21 (Швеция) для пробивки отверстий, методом конденсации ускоренных потоков плазмы металла в присутствии азота и ацетилена. Для определения свойств покрытий использовались методы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и электронной микроскопии (ЭМ).

Исследования методом РФЭС (рис. 1) показали, что состояние циркония в пленке характеризуется тремя пиками с энергией 179,4; 182,0 и 184,3 эВ.

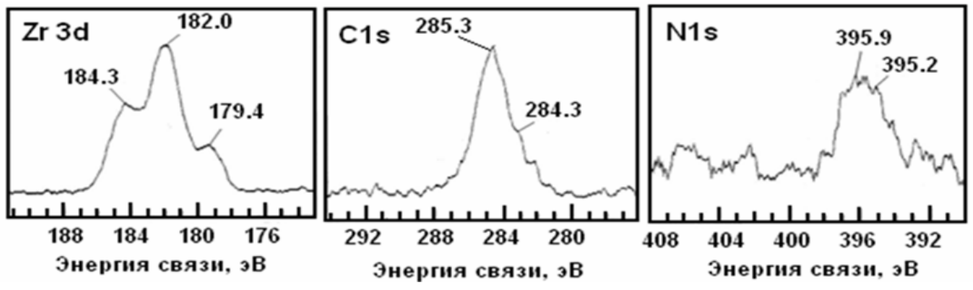


Рис. 1. РФЭС спектры основных элементов Zr-C-N пленки: Zr (а), C (б) и N (в) с указанием энергии (эВ) отдельных пиков

Имеется существенный энергетический сдвиг для дуплетного уровня $Zr3d_{5/2}$ с энергией 182,0 эВ и $Zr3d_{3/2}$ с энергией 184,3 на величину порядка 3,4 эВ. Это говорит о том, что цирконий является полностью химически свя-

УДК 624.15

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗВЕДЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

И. Л. ОПАНАСЮК, А. М. РОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУСКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При возведении зданий и сооружений одним из важных показателей является продолжительность строительства. Для уменьшения сроков строительства и увеличения эффективности технико-экономических показателей применяются различные организационно-технологические и конструктивные решения опалубки фундаментов. Из практики строительного производства применение монолитного варианта производства работ более эффективно в сравнении со сборным.

При одинаковом количественном составе исполнителей на устройство ленточного фундамента трудоемкость монолитного варианта фундамента составляет 575,00 чел.-ч, сборно-монолитного фундамента – 711,92 чел.-ч, сборного – 746,22 чел.-ч. Продолжительность работ монолитного фундамента составляет 8 дней, сборно-монолитного – 9,5 дней и сборного –11 дней.

Сборные железобетонные элементы ленточных фундаментов монтируют по существующей технологии. Стены сборно-монолитного и монолитного фундаментов возводят с применением инвентарной крупнощитовой опалубки и опалубочных систем, применяемых в Республике Беларусь. Возведение монолитных фундаментных плит предусмотрено по нетрадиционной технологии с применением разработанной конструкции блок-формы, приведенной в табл. 1.

Технико-экономические показатели возведения трех вариантов фундамента приведены в виде гистограммы на рис. 1.

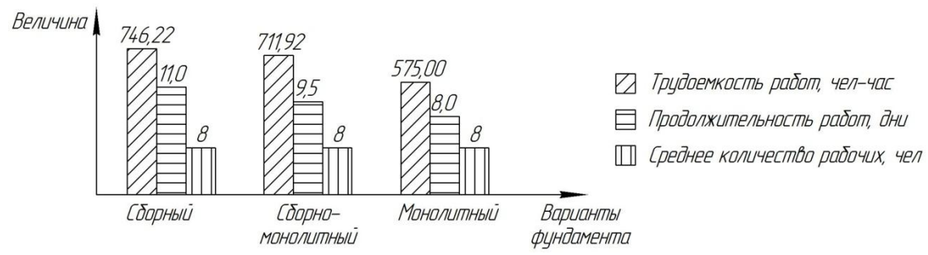


Рис. 1. Технико-экономические показатели вариантов производства работ

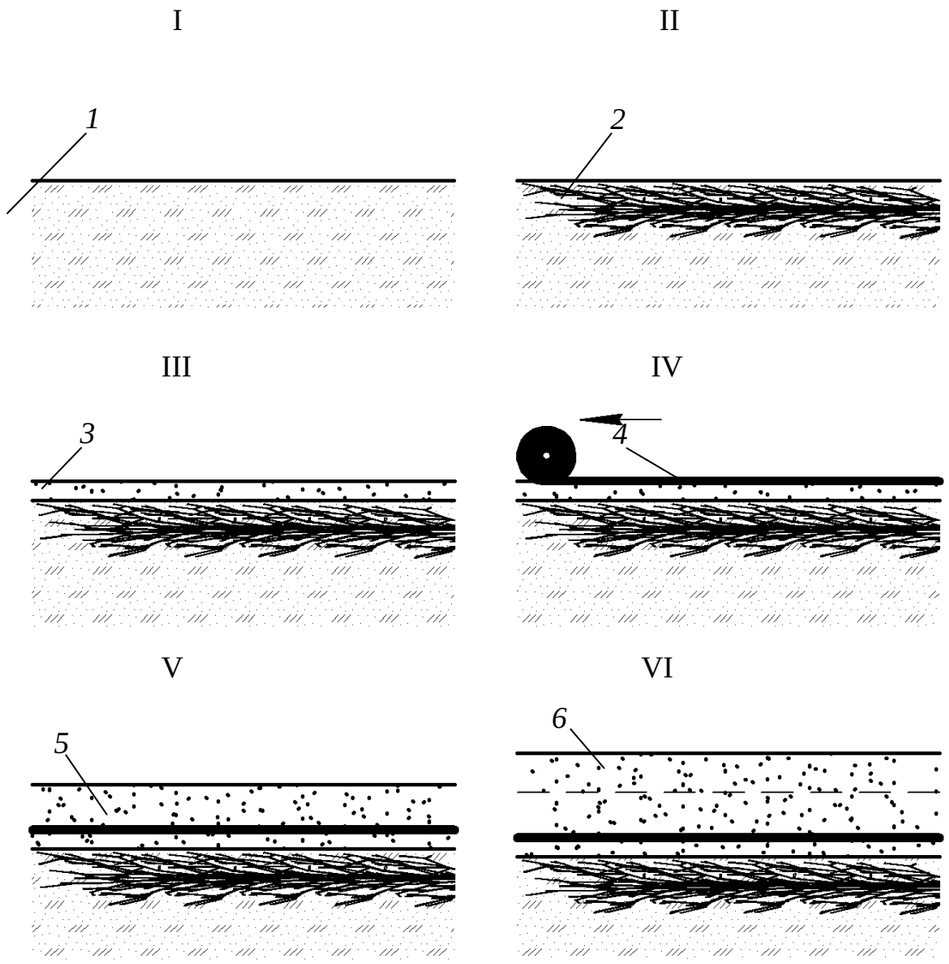


Рис. 1. Последовательность операций устройства слоев дорожной конструкци: 1 – слабое торфяное основание; 2 – хворостяная выстилка; *3* – выравнивающий слой из песка; 4 – геосинтетический материал; 5 – нижний слой земляного полотна; 6 – верхний слой земляного полотна

занным элементом. Положения пиков $3d_{5/2}$ и $3d_{3/2}$ практически совпадают с энергиями связи 3d уровня циркония в соединении с азотом 182,15 и 184,35 эВ в то время как дополнительный пик с энергией 179,4 эВ обусловлен образованием карбида циркония, приводящего к энергии связи 3d уровня циркония 179,5 эВ. Преобладающей являются фаза ZrN_{1+x} (42 %), пик которой соответствует энергии 181,7 эВ. Положение и высота пиков фаз ZrC и ZrN являются фактически идентичными (179,3 эВ), что является признаком образования карбонитрида циркония, содержание которого в покрытии составляет 20 %.

Дополнительная информация о структуре композиционных пленок карбонитрида циркония была получена с использованием ЭМ. На рис. 2 заметно присутствие ламелей длиной 20–50 нм, расположенных по межзеренным границам. Можно предположить, что они представляют одну кристаллическую фазу – кубическийZrN с включениями окислов циркония. Вставка рис. 2 демонстрирует включения нанокристаллитовZrC и ZrN размером 2–3 нм и 10–15 нм с ГЦК кристаллической решеткой, равномерно распределенные по всей поверхности аморфной углеродной матрицы.

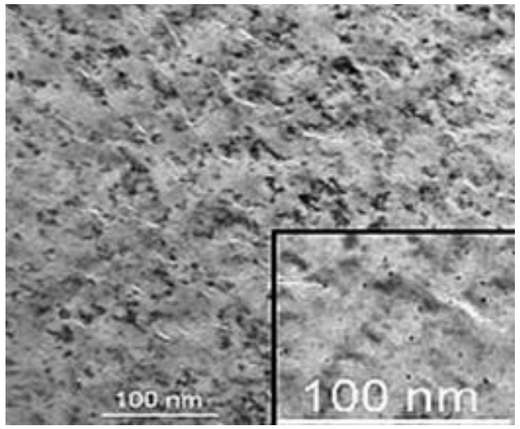


Рис. 2. Изображение поверхности Zr-C-N пленки

Предварительные испытания штамповой оснастки с нанесенным тонкопленочным покрытием в производственных условиях показали, что в технологическом процессе пробивки отверстий в крепежных деталях срок службы пуансонов был увеличен более чем в два раза, при этом наблюдался разброс временных значений при их эксплуатации.

УДК 666.641

КЕРАМИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, Н. Н. ГУНДИЛОВИЧ, М. В. ДЕРЕВЯГО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Мембраны предназначены для селективного разделения неоднородных систем за счет дифференциально-проницаемой структуры, пропускающей дисперсионную среду и задерживающей дисперсную фазу. Мембраны изготавливают из керамики, металлов, стекла и органических полимерных материалов.

Керамические мембраны широко используются во многих отраслях промышленности, таких как биотехнология и фармацевтика, молочная, пищевая промышленность и производство напитков, химическая, нефтехимическая промышленности, металлообработка. Благодаря высокой механической прочности, термо- и химической устойчивости, низкому температурному коэффициенту линейного расширения они применяются для очистки молока и концентрирования молочных продуктов, очистки и осветления фруктовых и овощных соков, для фильтрации рабочих жидкостей при производстве алкогольных напитков, водоочистки [1].

С целью получения керамических мембран, предназначенных для микрофильтрации и сепарации жидкостных потоков с высокой степенью селективности и эффективности фильтрования в работе проведены исследования по синтезу микропористых материалов на основе оксида алюминия.

В качестве исходных сырьевых материалов использованы глинозем ГК-2 ГОСТ 30559,бой стекла медицинского ХТ-1 ГОСТ 19808,огнеупорная глина веселовская ТУ У14.2-00282049-003:2007, мел и кокс. Глинозем является основным структурообразующим компонентом мембран, придающим фильтрующему материалу высокую химическую и термическую устойчивость. Бой стекла выступает в качестве плавня, глина – пластифицирующая составляющая массы, мел и кокс – порообразователи.

Содержание глинозема в составах керамических масс для получения мембран варьировалось в пределах 75–85 % (здесь и далее по тексту массовое содержание), стеклобоя – 7,5–12,5 %, глины – 10–20 %, мел и кокс – 0–5 % (сверх 100 %).

Глинозем рассеивался на ситах, отбиралась фракция 100–250 мкм. Глина веселовская, бой стекла медицинского, мел или кокс подвергались магнитному обогащению и измельчению в мельнице шаровой SPEEDY (Италия) методом совместного мокрого помола компонентов при влажности 40–45 % до остатка на сите № 0063 – 1,0−2,0 %. Соотношение мелющих тел к сухой

УДК 625.7

СПОСОБ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

М. Т. НАСКОВЕЦ, А. И. ДРАЧИЛОВСКИЙ, Г. С. КОРИН
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Способ устройства дорожной конструкции на слабых торфяных основаниях включает планировку основания, укладку хворостяной выстилки, раскатку рулонного синтетического материала, отсыпку, разравнивание и уплотнение привозного грунта земляного полотна, отличающегося тем, что хворостяную выстилку укладывают на предварительно спланированное слабое торфяное основание на ширину низа земляного полотна и постепенно заглубляют ее посредством укатки, до полного погружения в слабое торфяное основание. Далее поверх хворостяной выстилки отсыпают и разравнивают привозной грунт выравнивающего слоя. Затем по поверхности привозного грунта выравнивающего слоя раскатывают геосинтетический материал и на него отсыпают привозной грунт нижнего слоя земляного полотна, после чего производят одновременное уплотнение привозного грунта нижнего слоя земляного полотна, геосинтетического материала и привозного грунта выравнивающего слоя, а затем отсыпают и уплотняют привозной грунт верхнего слоя земляного полотна.

На рис. 1 представлена последовательность операций устройства слоев дорожной конструкции (I–VI).

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

На поверхности слабого торфяного основания 1 (I) осуществляется формирование хворостяной выстилки 2 из порубочных остатков на всю ширину низа земляного полотна с постепенным ее заглублением в слабое основание посредствам укатки, до полного погружения в слабое торфяное основание (II). Далее поверх хворостяной выстилки отсыпают и разравнивают выравнивающий слой 3 из привозного грунта (III), затем по поверхности выравнивающего слоя раскатывают геосинтетический материал 4, образуя тем самым прослойку (IV), и на него отсыпают нижний слой 5 земляного полотна, после чего производят одновременное уплотнение нижнего слоя земляного полотна, геосинтетического материала и выравнивающего слоя (V). Затем отсыпают и уплотняют (VI) верхний слой 6 земляного полотна.

Устройство данной конструкции позволит повысить несущую способность слабых торфяных оснований, тем самым создаст возможность для проезда лесовозного автотранспорта и лесозаготовительной техники.

Таким образом, трансформированная диаграмма (рисунок 1) деформирования бетона описывается уравнением:

$$\frac{\sigma_{c,cyc}}{f_{cm,cyc}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\cdot\eta}, \qquad (5)$$

где $k = 1{,}05E_{cm,cyc}\frac{|\varepsilon_{c1,cyc}|}{f_{cm,cyc}}$.

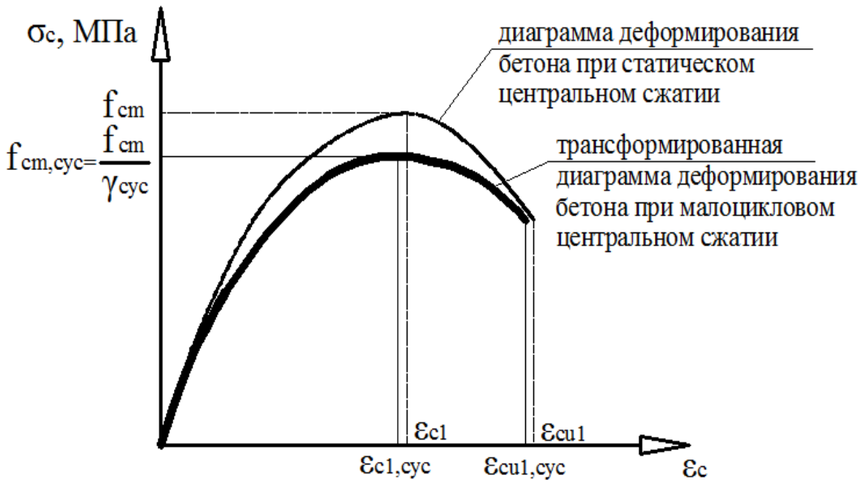


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона

Модуль деформаций (в ГПа) при малоцикловом нагружении определяется по эмпирической формуле

$$E_{cm,cyc} = \frac{55f_{cm,cyc}}{19 + \eta_{top1}\cdot f_{cm,cyc}}. \qquad (6)$$

Трансформированная диаграмма деформирования бетона при сжатии может применяться в расчетных моделях сопротивления сечений, нормальных к продольной оси железобетонного элемента, при выполнении проверок предельных состояний по несущей способности в условиях действия малоцикловых нагрузок.

массе размалываемого материала составляло 1,5:1. Полученный шликер смешивался с глиноземом и высушивался. Из смеси приготавливался пресс-порошок с влажностью 6–8 %. Прессование осуществлялось на гидравлических прессах при давлении 6 МПа. Сформованные образцы подвергались обжигу в лабораторной электрической печи фирмы «Nabertherm» при температуре1250–1350 °С.

В керамических мембранах пористость, размер пор, степень однородности структуры и проницаемость являются основными качественными характеристиками, определяющими фильтрующую способность материала и его эксплуатационную надежность.

Исследования микроструктуры на сканирующем электронном микроскопе JEOLJSM–5610 LV с системой химического анализа EDXJED–2201 JEOL (Япония) показало, что размер пор синтезируемых материалов находится в пределах 30–60 мкм, преобладают открытые каналообразующие поры. Изучение кинетики водонасыщения и сушки образцов керамических мембран позволило установить высокую степень однородности структуры на макроуровне. При температуре обжига 1250 °С значения открытой пористости составляют 52,87−55,66 %; при температуре 1300 °С – 49,30−54,91 %; при температуре 1350 °С – 41,43−49,74 %.

Исследования механической прочности при сжатии синтезированных материалов, выполненные на гидравлическом прессе марки Walter + baiag серии LFM 100 (Швейцария) по стандартной методике согласно ГОСТ 8462 позволили установить, что значения механической прочности при сжатии образцов, полученных при температуре обжига 1250 °С составляют 0,167−2,083 МПа, при температуре 1300 °С – 0,291−3,125 МПа, при температуре 1350 °С – 0,860−12,526 МПа, и определяются степенью спекания материала, характером пористости.

В работе установлено, что использование боя медицинского стекла в сочетании с огнеупорной глиной, мелом и коксом позволяет интенсифицировать спекание керамических мембран на основе глинозема и при температуре 1350 °С получить изделия, обладающие высокими эксплуатационными свойствами. Алюмоборосиликатный расплав, образующийся при плавлении материалов связки, обеспечивает конгломерацию частиц глинозема без потери его основных физико-химических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Burggraaf, A. J.** Fundamentals of inorganic membrane science and technology / A. J. Burggraaf. – Amsterdam : Elsevier science, – 1996. – P. 709.

УДК 666.1.039.2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАГЕНТОВ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ИОННЫМ ОБМЕНОМ

Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, А. П. КРАВЧУК, А. И. МАРУХИН
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время низкотемпературный обмен применяется для упрочнения стекол, используемых при изготовлении различных видов рассеивателей автомобильных фар, очковых, часовых, приборных стекол и светофильтров. Он также используется для повышения механической прочности различных бесцветных и цветных линз, колпаков светотехнического назначения, оболочек перфораторов для газо- и нефтеразведки, т. е. во всех случаях, где необходима высокая надежность. Процесс ионообменного упрочнения целесообразно применять при изготовлении листовых стекол тонких номиналов (1–2 мм и меньше), для которых использование воздушной закалки невозможно или малоэффективно, или для стекол толстых номиналов– в случаях, когда недопустимо саморазрушение, ухудшение оптических свойств, плоскостности, когда требуется изготовление многослойной композиции высокой надёжности. К числу перспективных видов упрочнённого листового стекла следует отнести тонкое стекло для теплиц, стеклопакетов, декоративных витражей, транспорта и солнечных батарей [1, 2].

В настоящее время в Беларуси метод низкотемпературного ионного обмена применяют в производстве стекол для противогазов и защитных очков. Ионообменное упрочнение в расплавах солей позволяет повысить прочность на 20–30 % и обеспечить требуемые эксплуатационные характеристики изделий.

Одним из перспективных направлений в области ионообменного упрочнения стекла является использование твердофазных реагентов, так как это позволяет создать технологию без использования крупногабаритных солевых ванн, со значительно меньшей энерго- и материалоемкостью и более высокой производительностью процесса по сравнению с традиционным методом упрочнения в расплавах солей. Упрочняющие реагенты могут быть нанесены на свежеотформованную поверхность стекла перед стадией отжига (в результате чего отжиг изделий совмещается с упрочнением) или на холодные изделия с последующей термообработкой [3].

С целью упрочнения листовых стёкол твердофазными реагентами в работе были использованы в качестве реагентов нитрат калия KNO_3, сульфат калия K_2SO_4 и карбонат калия K_2CO_3. Упрочняющие реагенты применялись

УДК 624.012

ДИАГРАММА ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, Т. С. САМОЛЫГО, Д. М. СЛАДИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Прочность бетона изменяется в результате воздействия на него нагружения малоциклового характера по сравнению с однократным нагружением. Чем выше уровень нагружения, тем значительнее снижение прочности бетонной матрицы. В связи с этим, для значения прочности бетона в условиях малоциклового нагружения был введен понижающий частный коэффициент $\gamma_{c,cyc}$, учитывающий неблагоприятное воздействие малоцикловых нагружений при верхнем уровне малоцикловой нагрузки $\eta_{top}<1,0$:

$$\gamma_{c,cyc} = \frac{1}{0.97\sqrt{\eta_{crc}^{v}} - 0.3\ln\eta_{top}}. \qquad (1)$$

Частный коэффициент, учитывающий неблагоприятное воздействие малоцикловых нагрузок $\gamma_{c,cyc}$, может быть понижающим или повышающим в зависимости от режима нагружения: при низких ($\eta_{top} \le \eta_{crc}^{0}$) и средних ($\eta_{crc}^{0} < \eta_{top} < \eta_{crc}^{v}$) режимах нагружения данный коэффициент является повышающим и принимает значения меньше 1; при высоких ($\eta_{top} \ge \eta_{crc}^{v}$) режимах нагружения данный коэффициент является понижающим и принимает значения близкие 1.

Введение частного коэффициента$\gamma_{c,cyc}$ позволяет определить малоцикловую прочность бетона $f_{cm,cyc}$:

$$f_{cm,cyc} = \frac{f_{cm}}{\gamma_{c,cyc}}. \qquad (2)$$

По значению малоцикловой прочности $f_{cd,cyc}$ могут быть определены относительные деформации бетона $\varepsilon_{c1,cyc}$, соответствующие пиковой точке диаграммы деформирования при сжатии, а также предельные относительные деформации бетона $\varepsilon_{cu,cyc}$ (%):

$$\varepsilon_{c1,cyc} = 0,7 f_{cm,cyc}^{0,31} \le 2,8. \qquad (3)$$

$$\varepsilon_{cu1,cyc} = \left(1 + \frac{20}{f_{cm,cyc}}\right) \cdot \varepsilon_{c1,cyc} \le 3,5 \ . \qquad (4)$$

назначенные для испытаний на сжатие, в течение пяти суток выдерживались в металлоформах, покрытых влажной тканью. Распалубливание проводилось на шестые сутки.

Нагружение призменных образцов до их разрушения производилось с постоянной скоростью роста напряжений (0,6±0,2 МПа/с) ступенями, равными 10% от ожидаемой разрушающей нагрузки. Значение ожидаемой разрушающей нагрузки при испытании призм принималось равным 80–85 % от средней разрушающей нагрузки образцов-кубов. Продольные и поперечные деформации по каждой отдельной призме (по показаниям четырех приборов механического действия) усреднялись.

Средняя кубиковая прочность образцов в возрасте 7 суток составила 16,04 МПа; 14 суток – 18,1 МПа; 28 суток – 20,56 МПа; 60 суток – 21,47 МПа. Средняя призменная прочность исследуемых образцов в возрасте 7 суток составила 13,11 МПа; 14 суток – 14,68 МПа; 28 суток – 16,21 МПа; 60 суток – 17,56 МПа, а коэффициенты призменной прочности – 0,82; 0,81; 0,79; 0,82 соответственно.

Результаты проведенных исследований для образцов из бетона класса 16/20 отражены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристики бетонов испытанных образцов и статистика их линейных корреляционных зависимостей

Класс бетона	Возраст, сут	$f^G_{c,cube}$, МПа	f_{ck}, МПа	f^v_{crc}		f^0_{crc}		Зависимость	Уравнение, МПа	r	r/m_r
				η	МПа	η	МПа				
16/20	7	16,04	13,11	0,857	11,24	0,538	7,06	$E_{c(\sigma)}$–η	1,795(1-0,023σ)	-0,9883	147,50
								$E_{v(\sigma)}$–η	17,580(1-0,073σ)	-0,7921	7,36
								G_c–η	0,808 (1-0,034σ)	-0,9756	70,18
	14	18,1	14,68	0,812	11,92	0,531	7,8	$E_{c(\sigma)}$–η	2,4884(1-0,035σ)	-0,9523	42,16
								$E_{v(\sigma)}$–η	14,474(1-0,048σ)	-0,9482	37,71
								G_c–η	1,066(1-0,038σ)	-0,9602	50,77
	28	20,56	16,21	0,776	12,58	0,505	8,18	$E_{c(\sigma)}$–η	1,687 (1-0,014σ)	-0,9397	43,77
								$E_{v(\sigma)}$–η	16,224(1-0,05σ)	-0,9357	60,20
								G_c–η	0,843(1-0,026σ)	-0,9874	162,34
	60	21,47	17,56	0,755	13,25	0,459	8,06	$E_{c(\sigma)}$–η	1,749(1-0,014σ)	-0,9458	39,11
								$E_{v(\sigma)}$–η	13,264(1-0,041σ)	-0,8479	13,15
								G_c–η	1,205(1-0,022σ)	-0,9751	84,26

Полученные данные можно использовать при прогнозировании работы керамзитожелезобетонных конструкций, зданий и сооружений, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования. Кинетику роста керамзитобетонов можно описать гиперболической зависимостью, позволяющей проектировщикам определять прочностные характеристики, необходимые для расчета конструкций.

как в чистом виде, так и в различных соотношениях. Их наносили на поверхность листового стекла в виде суспензий и насыщенных водных растворов. Стёкла упрочняли, проводя их обработку при температурах 500–600 °С и времени выдержки 15–45 минут. Прочность стекла оценивали по значениям микротвердости, определённых на микротвердомере ПМТ-3.

Нанесение упрочняющих смесей показало, что наилучшие результаты получены из композиции солей KNO_3 и K_2SO_4. Нанесение смесей данных реагентов позволило увеличить микротвердость стекла от значений 5270–5400 МПа для исходного стекла до значений 6500–7200 МПа. При низких температурах особенно активным является нитрат калия – это связано с низкой температурой плавления используемой соли. Однако после длительного воздействия нитрата калия на поверхность стекла, при повышенной температуре, качество его поверхности может ухудшаться за счет образования матовости, которая в свою очередь, обусловлена разложением солей. С целью сохранения качества поверхности стека при его обработке упрочняющими смесями, содержащими преобладающее количество нитрата калия, следует ограничить максимальную температуру значениями 550 °С, а время выдержки 30 минутами. Кроме того, обработка стекла в течение длительного времени не приводит к существенному росту прочности стекла, несмотря на увеличение степени диффузии ионов калия в поверхностный слой стекла, что связано, по-видимому, с релаксацией напряжений сжатия.

Таким образом, в результате проведенной работы, получены стекла для защитных очков, упрочнённые твердофазными реагентами при низкотемпературном ионном обмене. Установлено, что смеси солей упрочняют стекло в большей степени, чем реагенты, состоящие из одного вида соли; степень упрочнения и качество поверхности стекла зависит не только от температуры плавления солей, но и природы анионных групп NO_3^- и SO_4^{2-}; нанесение смесей на поверхность стекла с последующей обработкой позволяет повысить их прочность на 30 % и более.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бутаев, А. М.** Прочность стекла. Ионнобменное упрочнение / А. М. Бутаев. – Махачкала, 1997. – 252 с.

2. **Белюстин, А. А.** Концентрационное распределение ионов в поверхностных слоях щёлочносиликатных стёкол, обработанных водными растворами / А. А. Белюстин. – М., 1981. – С. 257–277.

3. **Денисенко, О. Н.** Применение стёкол повышенной прочности в защитных очках / О. Н. Денисенко, Е. В. Соболев // Безопасность труда в промышленности. – М., 1977. – С. 52–53.

УДК 621.7.043:621.785

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ БОРИРОВАННОГО СЛОЯ НА СТАЛЬНОЙ ПОДЛОЖКЕ ПОСРЕДСТВОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

И. А. ПАНКРАТОВ, И. Н. СТЕПАНКИН
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

В настоящее время актуальной задачей для предприятий машиностроительного комплекса является создание параметров изделий, которые в наибольшей степени приспособлены к условиям их эксплуатации. Выбор способа поверхностного упрочнения определяется, в первую очередь, функциональными характеристиками поверхностного слоя изделия.

Ресурсное проектирование деталей с учетом свойств поверхностно-модифицированных слоев с применением современных численных методов реализуемых различными программными продуктами требует знания характеристик и структуры поверхностно упрочненного слоя материала. В этих условиях одним из перспективных методов повышения износостойкости деталей является борирование [1]. Хрупкость боридного слоя диктует необходимость тщательного изучения его структурообразования.

В данной работе для изучения структурных составляющих борированного слоя использовали наноизмерительный комплекс (атомно-силовой микроскоп) NT-206 (ОДО «Микротестмашины», Беларусь).

С помощью атомно-силового микроскопа были проведены исследования микроструктуры упрочненного бором слоя, представленного на рис. 1.

а) б)

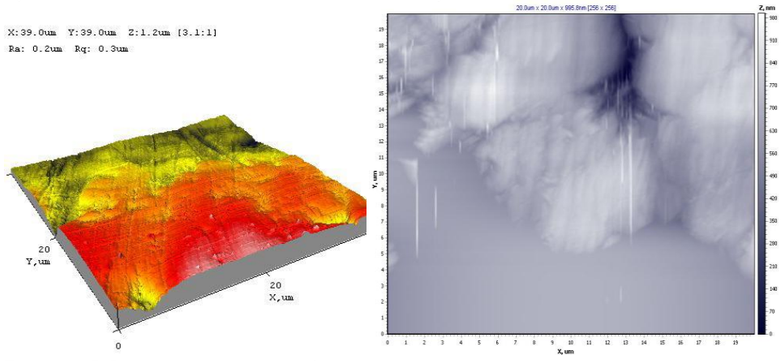


Рис. 1. Микроструктура борированного слоя, полученная с помощью атомно-силового микроскопа «НАНОТОП-206»: а – граница боридного слоя и переходной зоны; б – сопряжение боридных игл

УДК 691.32-033.33

ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА КЛАССА 16/20 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА, Г. А. ДИВАКОВА, М. Г. МАМОЧКИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Легкие бетоны средней прочности на основе керамзитового гравия широко используются в промышленном и гражданском строительстве, в частности в монолитном домостроении, а также для производства стеновых панелей сельскохозяйственных, промышленных и гражданских зданий. Однако для соответствия белорусских нормативных документов с Еврокодом необходимо уточнить некоторые прочностные и деформативные характеристики легких бетонов, что для Республики Беларусь является актуальным. С этой целью были проведены экспериментальные исследования образцов из легкого бетона класса LC16/20в виде кубов, цилиндров и призм на кратковременное центральное сжатие в соответствии с ГОСТ 24452-80.

Для проведения испытаний было изготовлено 18 кубов с размерами ребра 150 мм, 8 кубов с размерами ребра 100 мм, 8 цилиндров диаметром 150 мм и высотой 310 мм, 12 призм размерами 150×150×600 мм. Образцы исследовались в возрасте 7, 14, 28 и 60 суток. Для приготовления легкого бетона применялся портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» марки М500 в соответствии с ГОСТ 310.3-76.

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок карьера «Мосток» с модулем крупности $М_{кр}$=1,8 в соответствии с ГОСТ 8735-88.

В качестве крупного заполнителя применялся керамзитовый гравий ОАО «Завод керамзитового гравия» г. Новолукомль фракции 5…10 мм и 10…20 мм. Марки керамзита по насыпной плотности и прочности, определялись испытанием в цилиндре. Для керамзита фракции 5…10 мм установлена марка по насыпной плотности М450,относительная прочность при испытании в цилиндре оказалась равной 2,68 МПа, что соответствует марке по прочности П125. Для керамзита фракции 10…20 мм установлена марка по насыпной плотности М400, а относительная прочность при испытании в цилиндре оказалась равной 1,86 МПа, что соответствует марке по прочности П75.

Состав исследуемого бетона: Ц:П:Г=1:1,84:0,79 при водоцементном отношении В/Ц=0,46. Плотность легкого бетона в возрасте 28 суток оказалась равной 1545 кг/м^3.

Для изготовления образцов использовались инвентарные металлические сборно-разборные формы. Бетонную смесь готовили в лабораторных условиях вручную. Составы дозировали по весу. Отформованные образцы, пред-

виях вручную. Составы дозировали по весу. Отформованные образцы, предназначенные для испытаний на сжатие, в течение пяти суток выдерживались в металлоформах, покрытых влажной тканью. Распалубливание проводилось на шестые сутки.

Нагружение призменных образцов до их разрушения производилось с постоянной скоростью роста напряжений (0,6±0,2 МПа/с) ступенями, равными 10 % от ожидаемой разрушающей нагрузки. Значение ожидаемой разрушающей нагрузки при испытании призм принималось равным 80–85 % от средней разрушающей нагрузки образцов-кубов. При испытании призм измерялись продольные деформации индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленными вдоль оси по четырем граням. Поперечные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм. Продольные и поперечные деформации по каждой отдельной призме (по показаниям четырех приборов механического действия) усреднялись. При отдельных отсчетах, резко отличавшихся от среднего, эти отсчеты и соответствующие им деформации по отдельным приборам из обработки опытных деформаций исключались.

Результаты проведенных исследований для образцов из бетона класса 10/12,5 отражены в табл.1.

Табл. 1. Характеристики бетонов испытанных образцов и статистика их линейных корреляционных зависимостей

Класс бетона	Возраст сут	$f^G_{c,cube}$, МПа	f_{ck}, МПа	f^v_{crc}		f^0_{crc}		Зависимость	Уравнение, МПа	r	r/m_r
				η	МПа	η	МПа				
10/12,5	7	8,92	7,12	0,75	5,34	0,495	3,52	$E_{c(\sigma)}$–η	0,964(1-0,055σ)	-0,8647	16,069
								$E_{v(\sigma)}$–η	7,026(1-0,115σ)	-0,9632	62,588
								G_c–η	0,430(1-0,07 σ)	-0,9167	26,961
	14	10,11	8,27	0,789	6,53	0,492	4,07	$E_{c(\sigma)}$–η	1,315(1-0,051σ)	-0,9570	128,11
								$E_{v(\sigma)}$–η	13,420(1-0,099σ)	-0,9242	26,77
								G_c–η	0,604(1-0,062σ)	-0,9804	52,46
	28	11,82	9,89	0,779	7,70	0,477	4,72	$E_{c(\sigma)}$–η	1,251(1-0,043σ)	-0,9757	81,418
								$E_{v(\sigma)}$–η	9,180(1-0,087σ)	-0,9572	45,76
								G_c–η	0,560(1-0,055σ)	-0,9835	120,45
	60	13,61	11,17	0,791	8,84	0,514	5,74	$E_{c(\sigma)}$–η	1,643(1-0,051σ)	-0,9146	23,72
								$E_{v(\sigma)}$–η	16,63(1-0,079σ)	-0,9860	150,08
								G_c–η	0,762(1-0,056 σ)	-0,9600	52,00

Полученные данные можно использовать при прогнозировании работы керамзитожелезобетонных конструкций, зданий и сооружений, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования. Кинетику роста керамзитобетонов можно описать гиперболической зависимостью, позволяющей проектировщикам определять прочностные характеристики, необходимые для расчета конструкций.

Данный прибор позволяет исследовать тонкую микроструктуру материала с разрешающей способностью до 10^{-15} м, однако, при этом наибольшее поле сканирования не превышает 20 мкм. На рис. 1 приведены фотографии участков боридного слоя, полученные с помощью атомно-силового микроскопа в режиме контактной атомно-силовой микроскопии. Данный режим сканирования позволяет исследовать рельеф сканирующей поверхности, измерять латеральные силы трения и др. Из приведенных изображений тонкой микроструктуры видно, что боридные иглы не совсем гладкие, а представлены конгломератом частиц преимущественно округлой формы. Из рис. 1, б видно, что в случае соединения боридные иглы все равно остаются разделенными, так как граница раздела в сотни раз больше границ раздела между отдельными конгломератами частиц. Этим объясняются высокие свойства борированных слоев.

Исследованный диффузионный борированный слой состоит преимущественно из борида железа Fe_2B и на поверхности включения боридов железа FeB.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ляхович, Л. С.** Повышение стойкостиштампового инструмента методами химико-термической обработки / Л. С. Ляхович., Л. Г. Ворошнин, Д. П. Карпенко. – Минск : 1971. – 56 с.

УДК 620.178.169

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОНОМНО-ЛЕГИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 35ХГСА ДЛЯ ЗАМЕНЫ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТРЕНИЯ

Е. П. ПОЗДНЯКОВ, И. Н. СТЕПАНКИН
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Применение высоколегированных сталей для изготовления ответственных деталей диктуется повышенными требованиями к износоустойчивости, прочности и усталостной долговечности материалов. Во многих случаях заведомо завышенные эксплуатационные характеристики отдельных деталей, изготовленных из дорогостоящих сплавов, не оказывают существенного влияния на работоспособность всего узла по причине несогласованного периода наработки на отказ между отдельными элементами. Существенный запас прочности является невостребованным достоинством отдельной детали, и в условиях запланированного регламентом технического обслуживания всего узла с возможностью своевременной замены изношенных деталей, является фактором, провоцирующим существенный перерасход средств на приобретение дорогостоящих материалов, не производимых в Республике Беларусь.

Объектом исследований являлись диффузионно-упрочненные карбидные и карбонитридные слои конструкционной экономно-легированной стали 35ХГСА. Упрочнению подвергались поверхности трения деталей гидравлических машин. Нагрузки на поверхностях деталей возникают в результате контактного воздействия пяток плунжеров, осуществляющих подачу рабочей жидкости в выходную магистраль гидравлического насоса, с поверхностью опорного диска (рис.1, а). Они достигают 7 МПа.

а) б) в)

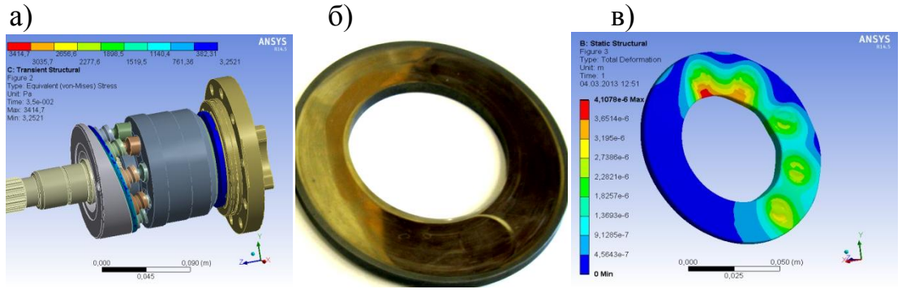


Рис. 1. Компоновка основных деталей гидравлической машины (а); износ контактной поверхности диска (б); распределение суммарных деформаций диска (в)

УДК 691.32-033.33

ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА КЛАССА10/12,5 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА, Г. А. ДИВАКОВА, М. Г. МАМОЧКИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Легкие бетоны средней прочности на основе керамзитового гравия широко используются в промышленном и гражданском строительстве, в частности в монолитном домостроении, а также для производства стеновых панелей сельскохозяйственных, промышленных и гражданских зданий. Однако для соответствия белорусских нормативных документов с Еврокодом необходимо уточнить некоторые прочностные и деформативные характеристики легких бетонов, что для Республики Беларусь является актуальным. С этой целью были проведены экспериментальные исследования образцов из легкого бетона класса LC10/12,5в виде кубов, цилиндров и призм на кратковременное центральное сжатие в соответствии с ГОСТ 24452-80.

Для проведения испытаний было изготовлено 18 кубов с размерами ребра 150 мм, 8 кубов с размерами ребра 100 мм, 8 цилиндров диаметром 150 мм и высотой 310 мм, 12 призм размерами 150×150×600 мм. Образцы исследовались в возрасте 7, 14, 28 и 60 суток.

Для приготовления легкого бетона применялся портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» марки М500 в соответствии с ГОСТ 310.3-76.

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок карьера «Мосток» с модулем крупности $М_{кр}$ =1,8 в соответствии с ГОСТ 8735-88.

В качестве крупного заполнителя применялся керамзитовый гравий ОАО «Завод керамзитового гравия» г. Новолукомль фракции 5…10 мм и 10…20 мм. Марки керамзита по насыпной плотности и прочности, определялись испытанием в цилиндре. Для керамзита фракции 5…10 мм установлена марка по насыпной плотности М450,относительная прочность при испытании в цилиндре оказалась равной 2,68 МПа, что соответствует марке по прочности П125. Для керамзита фракции 10…20 мм установлена марка по насыпной плотности М400, а относительная прочность при испытании в цилиндре оказалась равной 1,86 МПа, что соответствует марке по прочности П75.

Состав исследуемого бетона:Ц:П:Г=1:2,41:1,37 при водоцементном отношении В/Ц=0,51. Плотность легкого бетона в возрасте 28 суток оказалась равной 1390 кг/м^3.

Для изготовления образцов использовались инвентарные металлические сборно-разборные формы. Бетонную смесь готовили в лабораторных усло-

пильной балки в створах ветвей колонны при эксплуатации здания ограничиваются работой подстилающего слоя бетона на срез по контакту сопряжения элементов каркаса. Таким образом, монтаж ригеля производится без использования электросварки закладных деталей колонны и стропильных балок.

В качестве плит покрытия предлагается использовать типовые ребристые плиты. В данном каркасе используются плиты размером в плане 6,0х3,0 м и высотой 300 мм.

Для осуществления опирания плиты покрытия на балку без использования сварки предусматриваются специальные металлические консольные элементы. При помощи анкерных болтов осуществляется крепление консольных элементов к балке. Сами консольные элементы могут выполняться из горячекатаных уголков (например, 160х160х16 мм), соединенных между собой опорной плитой из полосовой стали толщиной 20 мм, в которой предусматриваются отверстия для анкерных болтов. С целью увеличения жесткости уголков на них навариваются косынки толщиной 12 мм.

Монтаж плит покрытия производится в следующем порядке. На анкерные болты, предусмотренные по верхней грани балки, устанавливаются консольные элементы и при помощи гаек фиксируются в проектном положении. Анкерные болты удерживают консольные элементы в необходимом положении на стадии монтажа и эксплуатации. После этого плиты покрытия устанавливаются продольными ребрами на консольные элементы. Благодаря опиранию плит на консольные элементы происходит частичное совмещение по высоте плит покрытия со стропильной балкой. За счет этого уменьшается строительная высота покрытия, а верхний пояс балки включается в работу диска покрытия.

Можно выделить следующие преимущества предлагаемого каркаса одноэтажного производственного здания:

– снижение стоимости строительства за счет применения более эффективных конструкций и сокращения строительной высоты покрытия;

– снижение трудоёмкости и энергоёмкости на стадии строительства;

– обеспечение необходимой надежности и увеличение долговечности стропильной конструкции за счет создания преднапряжения бетона прямолинейной напрягаемой арматурой с пологим отгибом по отношению к продольной оси в опорной части пролета балки, а в средней – в нижней (растянутой) зоне сечения;

– повышение технологичности конструкции, которая выражается в возможности использования типовых конструкций, применения стропильных балок постоянного прямоугольного сечения по всей длине, а также в сокращении сроков строительства за счет снижения трудоёмкости работ при монтаже.

Контактное трение указанных деталей в процессе штатной работы гидронасоса (рис. 1, а) вызывает локальный износ поверхности опорного диска (рис. 1, б). Он возникает вследствие неравномерного распределения нормальных напряжений и деформаций на поверхности указанной детали. Применение стали Х12М в качестве материала прототипа, для изготовления опорного диска, является традиционным подходом к выбору материала. Однако высокая стоимость указанной стали и сложность ее термообработки диктуют необходимость адекватной замены материала. Производственная апробация была осуществлена с применением стали 35ХГСА, упрочненной посредством науглероживания и нитроцементации.

Результаты исследований. Микроструктура поверхностного слоя стали 35ХГСА после насыщения, закалки и низкого отпуска приведена на рис. 2. Поверхностный слой, сформированный цементацией (рис. 2, а), отличается присутствием угловатых карбидов в мартенсите, в то время как избыточные фазы после нитроцементации отличаются округлой формой и меньшими размерами (рис. 2, б). Глубина распределения частиц после цементации и нитроцементации составляет 0,1мм и 0,15мм соответственно.

а) б)

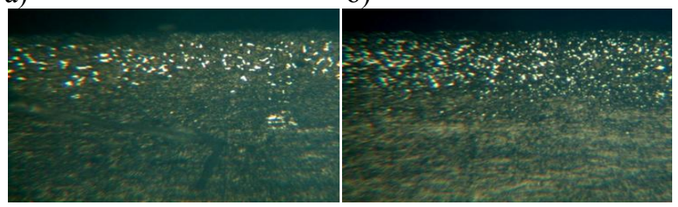


Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя: а – после науглероживания; б – нитроцементации (х100)

Общая глубина упрочненных слоев, полученная после обоих вариантов диффузионного насыщения составила не менее 1,2 мм. Распределение микротвердости показало, что поверхностный слой, образованный в результате нитроцементации имеет твердость несколько более высокую, чем после науглероживания – 7–8 ГПа и 8,6–9,3 ГПа соответственно. Окончательная термическая обработка деталей, заключающаяся в закалке с температуры 860 ºС и низком отпуске при температуре 200ºС, позволила получить твердость сердцевины 50 HRC. Этого значения оказалось достаточно для получения необходимой жесткости металла, предотвращающей его пластическую деформацию и преждевременное разрушение упрочненного слоя в наиболее нагруженных участках опорного диска. Ресурс работы упрочненных деталей для двух типоразмеров гидравлических машин соответствует наработке на отказ деталей из материала прототипа – стали Х12М. Дополнительным эффектом от упрочнения стали 35ХГСА посредством нитроцементации стало повышение коррозионной стойкости поверхности, что оказало благоприятное влияние на стадию межоперационного складского хранения деталей в обычных условиях.

УДК 678.046.8

СВОЙСТВА ВУЛКАНИЗАТОВ С ФТОРПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКОЙ

В. Д. ПОЛОНИК, Н. Р. ПРОКОПЧУК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Фторполимеры благодаря высокой химической и термической стойкости и низкому коэффициенту трения широко применяются для производства различных уплотнительных изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах. Но химическая инертность названных высокомолекулярных соединений ограничивает их применение в качестве модифицирующих добавок. Одним из способов снижения молекулярной массы и функционализации фторполимеров является воздействие на них лазерного излучения. Данный метод применим и для получения модифицирующих добавок из вторичных материалов.

Целью данной работы было установление влияния фторполимерной добавки на свойства вулканизатов эластомерных композиций. Объектом исследований являлась наполненная композиция на основе этилен-пропиленового каучука СКЭПТ-50. В качестве модифицирующей добавки использовался порошкообразный продукт лазерной абляции политетрафторэтилена, содержащий низкомолекулярную и высокомолекулярную компоненту, в дозировке от 0,1 до 0,5 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука.

В результате исследований было установлено, что применение фторполимерной добавки не способствует повышению физико-механических свойств вулканизатов. Однако образцы, содержащие модифицирующую добавку, обладают повышенной стойкостью к воздействию повышенных температур и кислорода воздуха в ненагруженном состоянии по сравнению с немодифицированными образцами.

Выявлено, что использование фторполимерной добавки способствует повышению их сопротивления истиранию по абразивной поверхности.

Исследования структуры вулканизатов методом равновесного набухания показали, что применение порошкообразного продукта лазерной абляции политетрафторэтилена во всех дозировках способствует увеличению плотности сшивки и повышению концентрации поперечных связей.

Таким образом, применение фторполимерных добавок позволяет повысить технические свойства вулканизатов эластомерных композиций.

УДК 624.012.35

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ КАРКАС ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

В. Н. МАЛИНОВСКИЙ, Н. В. МАТВЕЕНКО
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Применяемые конструктивные решения, как правило, не отвечают в полной мере или в подавляющем большинстве требованиям, предъявляемым при проектировании зданий подобного типа.

Кроме этого следует отметить, что очень часто строительство производственных объектов ведется в неосвоенных, отдаленных регионах, где затруднено обеспечение ресурсами, в том числе и энергетическими. В условиях ограниченности энергетических ресурсов возникает сложность в использовании машин и механизмов, а также в применении электросварки для обеспечения сопряжений конструкций при монтаже. По этой причине разработано усовершенствованное конструктивное решение каркаса одноэтажного производственного здания без сварки закладных деталей.

Предлагается рассмотреть принцип устройства каркаса на примере модели одноэтажного производственного здания пролетом 12 м с шагом колонн 6 м и высотой помещения (отметкой низа стропильной конструкции на опоре) 6,0 м.

Колонна предлагаемого каркаса выполняется прямоугольного сечения с устройством в верхней части двух ветвей консольного типа, между которыми размещается балка покрытия при монтаже. В ветвях колонны предусматриваются отверстия для обеспечения возможности выверки горизонтального и вертикального положения балки. Подобный тип колонн применяется при создании жесткого сопряжения ригеля со стойкой на бетонных шпонках.

В рассматриваемом каркасе предлагается использование усовершенствованного конструктивного решения балки, в котором для увеличения трещиностойкости по наклонным сечениям предлагается использовать продольную напрягаемую арматуру, располагаемую под пологим отгибом к продольной оси балки. Принципиальное отличие предлагаемого решения состоит в необходимости увеличения уклона верхней полки балки до 1/6÷1/7 пролета и излома нижней полки таким образом, чтобы в опорной зоне длиной 1/3÷1/4 пролета внешние грани балок были параллельны. В средней части пролета балка сохраняет очертание двухскатной балки.

В предлагаемом каркасе предполагается шарнирное опирание стропильной балки на колонну, при котором вертикальные усилия передаются ригелем и воспринимаются колонной через подстилающий слой бетона, укладываемый при монтаже. Возможные горизонтальные перемещения стро-

– возможность работы при отклонении конвейера перегружателя.

В условиях необходимости ускоренного выполнения работ загрузка бункера асфальтоукладчика из кузова самосвала является недостаточно быстрой, а частые остановки и контакт автотранспорта с укладчиком приводят к непозволительному сдвигу уложенного слоя. Для решения этой проблемы впереди асфальтоукладчика формируется валок с сечением, который приблизительно равен толщине укладываемого слоя. Перед асфальтоукладчиком работает перегружатель, загружающий смесь из валка в приемный бункер.

При больших объемах работ по ремонту асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог необходимо активно использовать современные способы ремонта, в том числе технологии скоростной укладки.

Данный способ является весьма актуальным, когда асфальтобетонная смесь подвозится, в основном, большегрузными самосвалами с донной разгрузкой. Оператор сразу же укладывает смесь в валок необходимого сечения, регулируя при этом степень открытия донных заслонок и скорость машины. Если же для транспортировки смеси применяется автотранспорт с опрокидывающимся кузовом, то дополнительно используется формирователь валка, который крепится к колесам автосамосвала захватками.

Существует и другой вариант загрузки смеси в приемный бункер асфальтоукладчика – без формирования валка, т. е. сначала загрузка асфальтобетонной смеси осуществляется в приемный бункер перегружателя, а затем в бункер асфальтоукладчика.

Существует два вида перегружателей, отличающихся по принципу работы:

1. С накопительным бункером. В данном случае агрегаты загружают асфальтобетонную смесь в бункер асфальтоукладчика без соприкосновения с ним, формируя там запас смеси и дополнительно ее перемешивая, тем самым удаляя температурную и фракционную сегрегацию.

2. Без накопительного бункера, т. е. перегружатели перемешивают асфальтобетонную смесь исключительно в приемном бункере. Главным преимуществом такой работы является то, что автотранспорт с асфальтоукладчиком как бы разомкнуты и время выгрузки никак не зависит от процента наполненности приемного бункера. Поэтому работа осуществляется без перерывов и на больших скоростях.

Для внедрения новых машин в комплекты, эксплуатируемые в Республике Беларусь, необходимо произвести оценку их использования в условиях нашей страны. В качестве критерия оценки эффективности предлагается использовать прибыль, полученную организацией в процессе эксплуатации сформированного комплекта машин.

УДК 535.37

ВИЗУАЛИЗАТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

В. И. ПОПЕЧИЦ
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Для проведения радиационного неразрушающего контроля материалов и изделий используются различные источники ионизирующих излучений. Растворы органических красителей в органических и неорганических растворителях, а также в полимерных матрицах имеют интенсивные полосы поглощения в видимой области спектра, что определяет возможность их применения в качестве детекторов радиационной дозы. Под воздействием ионизирующего излучения жидкие и твердые многокомпонентные растворы красителей изменяют цвет. Изменение цвета раствора зависит от исходной концентрации и химической природы красителей, физико-химических свойств растворителя, спектрального состава и радиационной дозы воздействовавшего на раствор ионизирующего излучения.

Если между источником ионизирующего излучения и многокомпонентным раствором красителей поместить материал или изделие любого состава и структуры, то изменение цвета раствора в определенном месте будет коррелировать с величиной радиационной дозы, воздействовавшей на данный участок раствора. Таким образом, по цветовой структуре отпечатавшегося на растворе изображения материала или промышленного изделия можно судить о внутренней структуре объекта исследования (о наличии полостей, вкраплений и других дефектов). Глаз человека точнее реагирует на изменение цвета, чем на изменение контраста черно-белого изображения (градации серого цвета).

В данной работе проведено исследование радиационной стойкости, фэдинга и других характеристик жидких и твердых многокомпонентных растворов красителей различных классов с целью определения возможности их использования в качестве регистрирующих систем для визуального радиационного неразрушающего контроля внутренней структуры материалов и изделий. Объектами исследования служили жидкие и твердые многокомпонентные растворы органических красителей различных классов: арилметановые, ксантеновые, акридиновые, кислотные, тиазиновые, полиметиновые и др. Применялись спектроскопические чистые красители. В качестве растворителей использовалась дистиллированная вода, этанол, изопропанол, поливиниловый спирт и др.

При практическом применении многокомпонентных растворов красителей в качестве детекторов радиационной дозы важно, чтобы растворы красителей обладали низкимфэдингом. Для определения фэдинга растворов двух красителей были проведены исследования зависимости интенсивностей спектров поглощения наполовину обесцвеченных растворов (по красителю, имеющему более интенсивную полосу поглощения в видимой области спектра) в зависимости от времени хранения раствора в темноте. Растворы хранились в темноте, чтобы исключить их возможное фотохимическое обесцвечивание.

Проведенные исследования показали, что необратимая радиационная деструкция органических красителей в растворах происходит в результате окисления красителей короткоживущими кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами ($OH^{\cdot}$, OH^{-}, $HO_2^{\cdot}$, и др.), а также относительно стабильным продуктом радиолиза – пероксидом водорода, образующимися при радиолизе растворителей.

Исходя из критериев отбора многокомпонентных водных и водно-спиртовых растворов красителей для целей радиационной дефектоскопии, а именно: хорошая растворимость красителей в воде и спиртах, большие коэффициенты экстинкции красителей в видимой области спектра, отсутствие химического взаимодействия красителей в растворе между собой и с продуктами радиационной деструкции красителей, максимально различающиеся скорости радиационной деструкции красителей в растворе, низкий фэдинг, хорошие цветоконтрастные характеристики, наиболее эффективными оказались водные и водно-спиртовые растворы следующих пар красителей (один из которых поглощает в коротковолновой, а другой – в длинноволновой областях видимого спектра): кислотный желтый светопрочный + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С, кислотный желтый светопрочный + кислотный ярко-голубой 3, трипафлавин + метиленовый голубой, кислотный алый + метиленовый голубой, флуоресцеин + метиленовый голубой, родамин 6Ж + кислотный ярко-голубой 3, эозин натрий + кислотный ярко-голубой 3, эозин натрий + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С, ланазоль оранжевый + кислотный ярко-голубой 3, ланазоль оранжевый + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С.

Проведенные с различными тестовыми структурами испытания (тестовые структуры накладывались на растворы красителя и облучались на рентгеновской установке ДРОН 2, напряжение на рентгеновской трубке равнялось 22 кВ, электрический ток в трубке – 10 мА) показали, что указанные выше растворы вполне пригодны для использования в качестве визуализаторов жестких излучений при проведении неразрушающего контроля материалов и изделий. Окрашенные вышеуказанными парами красителей полимерные пленки более удобны в использовании, но требуют примерно на два порядка большего времени экспозиции.

УДК 625.8

СПОСОБЫ ДОСТАВКИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, Д. В. МАРТИНОВИЧ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ВЫСШИЙ КОЛЛЕДЖ МВД Республики Беларусь»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Развитие современной инфраструктуры государства тесно связано с состоянием широкой транспортной сети. Увеличивая качество и протяженность автомобильных дорог, государство стремится создать благоприятный инвестиционный климат, что способствует социально-экономическому развитию страны. Однако, в настоящее время одним из важнейших факторов достижения экономической эффективности, ресурсо- и энергосбережения, а также соблюдение экологических требований обеспечения безопасности движения в дорожном строительстве, является внедрение современных технологий, техники и материалов.

При формировании современных комплектов машин для строительства и ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия необходимо учитывать применение дополнительной техники, являющейся промежуточным звеном между автотранспортом и асфальтоукладчиком. При этом использование дополнительной машины – перегружателя асфальтобетонной смеси позволит устранить явления фракционной и температурной сегрегации, что позволит улучшить качество дорожного покрытия. Эффект достигается за счет технологических особенностей перегружателя:

– подача асфальтобетонной смеси в приемный бункер асфальтоукладчика осуществляется непрерывно;

– осуществляется дополнительное перемешивание асфальтобетонной смеси шнеком перегружателя;

– накопление асфальтобетонной смеси осуществляется в бункере перегружателя;

– достигается увеличение скорости разгрузки автотранспорта;

– увеличение скорости укладки смеси асфальтоукладчиком;

– дозирование и возможность подачи небольшого количества асфальтобетонной смеси к рабочим, использующим ручной инструмент при работе на небольших площадях;

– появляется возможность использования асфальтобетонной смеси, выгруженной на поверхность;

– использование асфальтоукладчиков может производиться в ограниченном по высоте пространстве;

Для надземной прокладки применяется оцинкованная спирально-навивная оболочка.

Проектная долговечность таких трубопроводов составляет 25–30 лет, однако на практике она может оказаться гораздо ниже из-за несоблюдения технологии производства труб или технологии строительства трубопровода. Механические повреждения гидрозащитной оболочки при земляных работах и транспортировке, ошибки подключения СОДК и вандализм по отношению к приборам СОДК, плохое качество сварных швов, плохая гидроизоляция стыковых соединений приводят к нарушению гидроизоляции трубопровода.

Одним из технологических вариантов повышения надежности трубопроводов в ППУ-изоляции является применение антикоррозионных лакокрасочных покрытий, наносимых на наружную поверхность стальной трубы и препятствующих интенсивному протеканию коррозионных процессов при нарушении герметичности внешней оболочки.

Одним из основных изменений, вносимых в конструкцию, является замена трубы из углеродистой стали на трубу из материала, не подверженного коррозии (нержавеющая сталь, полимерный материал, керамика). Такая замена обоснована при производстве трубопроводов горячего водоснабжения, подверженных интенсивной внутренней коррозии.

Для внутриквартальных тепловых сетей рационально применять гибкие стальные изолированные трубы (ГСИ-трубы), которые имеют ряд преимуществ перед прямыми трубами в ППУ-изоляции при той же энергоэффективности (рис. 2).

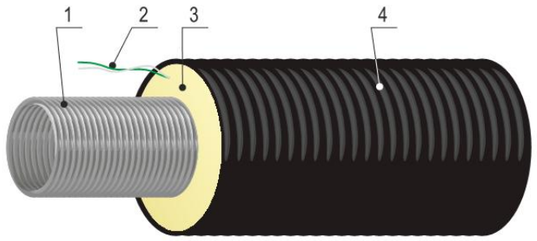


Рис. 2. Гибкая стальная изолированная труба (ГСИ-труба): 1 – напорная труба; 2 – сигнальные провода СОДК; 3 – теплоизоляция; 4 – оболочка

Транспортировка ГСИ-труб осуществляется в бухтах, что обеспечивает сохранность внешней оболочки, уменьшает количество стыковых соединений и сокращает время строительства теплотрасс. Конструкция несущей внутренней трубы обладает способностью компенсировать тепловые перемещения трубопроводов, следовательно, отпадает необходимость применения компенсаторов и неподвижных опор. Гибкость ГСИ-труб позволяет плавно обходить препятствия, строения, коммуникации. ГСИ-трубы не подвержены внешней и внутренней коррозии, их пропускная способность сохраняется в течение всего срока эксплуатации.

УДК 678.4.04

РЕЗИНОВЫЕ СМЕСИ С КОМПОЗИЦИОННЫМ АКТИВАТОРОМ

Н. Р. ПРОКОПЧУК, *С. Н. КАЮШНИКОВ, В. Д. ПОЛОНИК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «БЕЛШИНА»
Минск, Бобруйск, Беларусь

Большое значение, в качестве ингредиентов резиновых смесей, имеют активаторы вулканизации, которые оказывают влияние на кинетику структурирования, характер образующихся вулканизационных связей, на свойства резиновых смесей и их вулканизатов. Из активаторов вулканизации наиболее широкое применение в промышленности получили: оксид цинка и стеариновая кислота. При температуре вулканизации стеариновая кислота взаимодействует с оксидами металлов и способствует переходу ускорителей вулканизации в комплексные соединения, которые обладают большей растворимостью в каучуке, чем исходные продукты. В связи с этим, актуальной проблемой рецептуростроения эластомерных композиций является использование композиционных активаторов, содержащих одновременно комбинацию первичного и вторичного активатора.

Целью данной работы было определение влияния композиционного активатора вулканизации «Вулкатив-ФЦ» на технологические и технические свойства модельных резиновых смесей на основе СК(М)С-30 АРКМ-15 и СКИ-3. Особенностью композиционного активатора «Вулкатив-ФЦ» является пониженное содержание дорогостоящего оксида цинка, а также наличие в составе насыщенных жирных кислот, усиливающих активирующее и диспергирующее влияние.

На основании полученных результатов выявлено, что использование композиционного активатора вулканизации в составе эластомерных композиций способствует повышению стойкости к подвулканизации резиновых смесей. Установлено, что введение композиционного активатора вулканизации «Вулкатив-ФЦ» в резиновые смеси на основе исследуемых каучуков в комбинациях с оксидом цинка в соотношении 1:1 и 1:3 позволяет получать резиновые смеси и вулканизаты не уступающие по свойствам эластомерным композициям, содержащим традиционный активатор – оксид цинка. Снижение содержания дорогостоящего и экологически не безопасного компонента в составе резиновых смесей может способствовать повышению рентабельности продукции и уменьшению загрязнения окружающей среды.

УДК 674-419.3:678.742.23

ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ МЕБЕЛИ

М. М. РЕВЯКО, А. Ф. ПЕТРУШЕНЯ, В. В. ЯЦЕНКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

При создании композиционных материалов на основе древесного шпона в качестве связующих достаточно широко используются фенолформальдегидные, карбамидо- и меламиноформальдегидные смолы. Недостатком изделий, полученных по этой технологии, является большое количество выделяющегося формальдегида и других веществ, которые используются при синтезе смол. Поиск новых связующих взамен синтетических термореактивных смол является необходимой и актуальной задачей. Одним из решений этой задачи может быть замена термореактивного связующего на термопластичные пленки. Интерес в этом качестве представляют полимеры полиолефинового ряда, нетоксичные, крупнотоннажные, относительно недорогие, в частности полиэтилен высокого давления, промышленно выпускаемый в Республике Беларусь.

Полиэтилен является материалом неполярным и для использования его в качестве связующего в композиционных материалах на основе древесного шпона его необходимо модифицировать. Перспективным направлением модификации поверхности полиэтиленовой пленки является введение модифицирующих добавок химической природы, которые содержат в своем составе полярные функциональные группы. В случае наполнителя древесного происхождения обоснованным является использование в качестве модифицирующих добавок веществ схожей природы, полученных из натурального растительного сырья, входящего в состав древесины и содержащего функциональные группы, способные взаимодействовать с функциональными группами компонентов древесины. Такими веществами могут служить производные канифоли, модифицированные с целью лучшего совмещения с неполярным полиэтиленом. Таким образом, в работе использовали продукты модификации малеинизированной канифоли, малеопимаровой кислоты, полученной из малеинизированной канифоли, и канифоли.

Установлено, что модифицирующие добавки на основе канифольно-малеинового аддукта увеличивают адгезионную прочность полиэтилена к древесине в различной степени. Максимальное значение прочности при сдвиге 3,4 МПа показывают образцы, модифицированные добавкой канифольно-малеинового аддукта, стабилизированного олеиновой кислотой (ОКМА). Таким образом, применением этой модифицирующей добавки можно добиться

УДК 658.264

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕПЛОТРАСС

И. А. ЛЕОНОВИЧ, А. А. АЛЕКСАНДРИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Наиболее эффективным решением задачи сокращения тепловых потерь в теплотрассах горячего водоснабжения является использование предварительно изолированных труб, представляющих конструкцию «труба в трубе», что одновременно позволяет значительно сократить сроки строительства.

Стальные трубы, предварительно изолированные пенополиуретаном в гидрозащитной оболочке, (ПИ трубы в ППУ-изоляции) и фасонные изделия к ним производятся в Республике Беларусь несколькими производителями. Трубопроводы в ППУ-изоляции оснащены проводами системы оперативного дистанционного контроля (СОДК), стоимость которой не превышает 1,5 % от стоимости тепловой сети. Эта система позволяет своевременно выявлять и устранять возникающие дефекты (в первую очередь, увлажнение пенополиуретана), тем самым предотвращать аварии, типичные для тепловых сетей других конструкций.

Трубопроводы в ППУ-изоляции предназначены для прокладки тепловых сетей с постоянной температурой 120 °С (количественное регулирование), а также для прокладки тепловых сетей, работающих по графику качественного регулирования с температурой теплоносителя до 150 °С.

При подземной прокладке и прокладке в непроходных каналах применяется гидрозащитная полиэтиленовая оболочка, изготавливаемая из светостабилизированного полиэтилена марки ПЭ80, ПЭ100 (рис.1).

Рис. 1. Стальная труба, предварительно изолированная пенополиуретаном в гидрозащитной оболочке из полиэтилена

УДК 621.791.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СВАРНОЙ ТРУБЧАТОЙ ФЕРМЫ

Т. С. ЛАТУН, Л. В. КУРНОСЕНКО, Ю. А. ЦУМАРЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В процессе эксплуатации производственных зданий и сооружений, а так же во время проведения ремонтов и реконструкций, как основного технологического оборудования, так и строительных элементов конструкций возникает необходимость усиления конструкций производственных зданий.

Применение сварной фермы, содержащей пояса и раскосы, каждый из которых выполнен в виде отрезка трубы, а также сварные швы, которые соединяют упомянутые раскосы с каждым поясом, требует выполнения усиления данной конструкции. Данная ферма обладает низкой несущей способностью, обусловленной тем, что в каждом ее узле оси раскосов и ось пояса не пересекаются в одной точке. Поэтому в узлах фермы возникают дополнительные изгибающие моменты, которые, в свою очередь, приводят к дополнительным условиям, действующим как на стержни фермы, так и на сварные швы.

Усиление такой конструкции и повышение ее несущей способности предлагается обеспечить тем, что каждый из поясов данной фермы снабжают корректирующим элементом, который дополняет сечение и смещает его центр тяжести. Корректирующий элемент в зависимости от условий эксплуатации фермы и действующих на нее нагрузок может быть выполнен в виде пластины, которая соединена с поясом посредством сварных швов. Корректирующий элемент необходимо располагать со стороны, противоположной расположению раскосов. Такое расположение позволяет сместить ось составного сечения пояса и корректирующего элемента, обеспечив этим пересечения линий осей пояса и раскосов в одной точке. Пересечение осей элементов фермы в одной точке узла позволит избежать возникновения дополнительного изгибающего момента, нагружающего элементы фермы.

Варьируя размерами корректирующего элемента можно добиться результата, при котором осевая линия пояса сместится именно настолько, чтобы проходить через точку пересечения осевых линий раскосов. Поэтому конструкция фермы всегда может быть спроектирована так, чтобы в ней не возникали дополнительные нагрузки, обусловленные изгибом.

увеличения адгезионной прочности на 60 % в сравнении с композицией полиэтилена без модификации.

Проведено опытно-промышленное получение слоистых композиционных материалов с использованием модифицированных полиэтиленовых пленок для получения деталей мебели со сниженным содержанием формальдегида. Образцы композиционного материала получали прессованием предварительно подготовленных пакетов, собранных послойным чередованием листов березового шпона толщиной 1,5 мм с листами полимерных пленок толщиной 150…200 мкм. Свойства полученных образцов представлены в табл. 1.

Табл. 1. Свойства образцов деталей мебели

Параметры	Ед. изм.	По ГОСТ 21178-2006	Древесно-полимерный композит
Влажность	%	8±2	3,6
Плотность	кг/м^3	–	618
Разбухание по толщине – 24 ч погружения	%	–	6,9
Водопоглощение	%	–	53,5
Предел прочности при статическом изгибе, не менее	МПа	56,0	113,9
Предел прочности при скалывании по клеевому слою, после вымачивания в воде в течение 24 ч, не менее	МПа	2,0	2,1
Содержание формальдегида на 100 г абсолютно сухой массы фанеры, не более	мг	8,0	0,51

Содержание эмиссии формальдегида, измеренное перфораторным методом, соответствует классу Е0 (до 7 мг/100 г продукта), поэтому полученные изделия можно назвать экологически чистыми. По остальным прочностным показателям, таким как предел прочности при изгибе и предел прочности при скалывании после вымачивания, они также соответствуют предъявляемым техническим требованиям на данный вид продукции. Применение разработанных материалов возможно на деревообрабатывающих предприятиях для производства экологически чистых деталей мебели и фанеры.

УДК 678.027

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РОТАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ

М. М. РЕВЯКО, Е. З. ХРОЛ, П. М. ЗАЙЧИК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Ротационное формование применяется для получения крупногабаритных полых изделий (баки, контейнеры, резервуары, крупные емкости) из гранул, порошков или паст (пластизолей) термопластичных полимерных материалов. По сравнению с другими методами получения аналогичных изделий ротационное формование обладает рядом преимуществ, основные из которых низкая стоимость оборудования и оснастки, а также возможность получения изделий практически без остаточных внутренних напряжений. Последний факт можно объяснить минимальным воздействием на материал в течение цикла ротационного формования. Процесс ротационного формования можно представить в виде общей схемы (рис. 1.) [1].

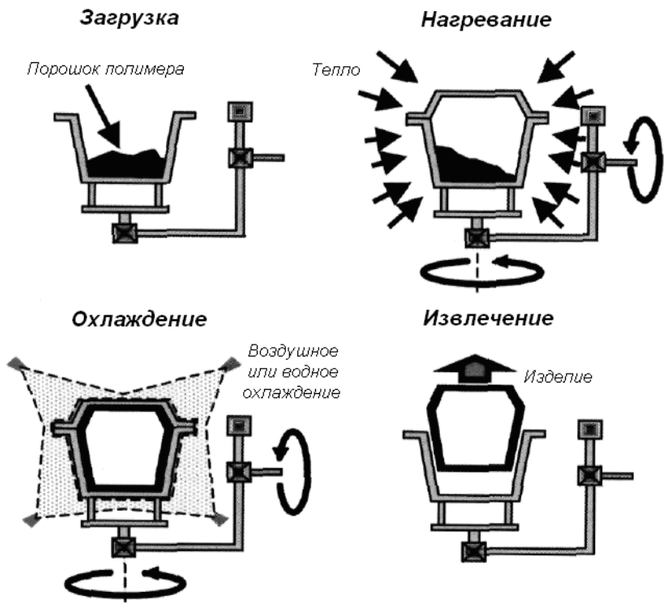


Рис. 1. Стадии ротационного формования

Изделия, получаемые методом ротационного формования зачастую используются в условиях интенсивного нагружения и в условиях негативного

нистого грунта, позволило увеличить модуль упругости слабого слоя с 5 МПа до 22 МПа, при расчетных значениях 15–20 МПа.

Так же вертикальное армирование применяют для устранения просадочных свойств основания и повышения устойчивости слабых, водонасыщенных, рыхлых и др. грунтов.

В качестве армоэлементов применяются: грунтоцементные, песчаные, известковые и грунтоизвестковые сваи в пробитых, проколотых, раскатанных скважинах, а так же забивные и буроинъекционные сваи. Материал тела сваи и способ устройства выбирается на основании особенностей грунтового основании (вид грунтов, уровень подземных вод и т. д.), доступности материалов и техники.

В целом при расчете прочностных и деформационных характеристик вертикально-армированного основания необходимо учитывать следующие факторы:

– физико-механических характеристик упрочняемого грунта;

– физико-механических характеристик грунтов подстилающих геомассив;

– прочностных и деформационных характеристики армоэлемента;

– геометрических размеров армоэлементов и шага их расположения в плане;

– способа погружения армоэлемента.

До настоящего времени широкое внедрение в строительстве методов вертикального армирования грунтов сдерживалось недостаточной проработанностью нормативно-технической базы. Для решения этой проблемы на основании проведенных исследований и накопленного опыта проектирования рассматриваемых геомассивов ВА РУП «Институт БелНИИС» разработал рекомендации по их проектированию и устройству.

Разработанная методика оценки характеристик геомассива ВА показывает хорошую сходимость практических и теоретических данных при упрочнении слабых глинистых грунтов, что касается, малопрочных песчаных грунтов, то требуется доработка данной методики в связи с их специфическими свойствами.

Технология упрочнения основания методом вертикального армирования позволяет повысить прочностные и деформационные характеристики слабых сжимаемых грунтов.

УДК 624.153.524

УПРОЧНЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ

П. В. ЛАПАТИН
Республиканское унитарное предприятие
«ИНСТИТУТ БелНИИС»
Минск, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь довольно часто приходится проектировать плитные фундаменты на малопрочных песчаных и слабых глинистых основаниях. Один из способов улучшения характеристик данных видов грунтов - их вертикальное армирование, заключающиеся в введение в грунтовый массив вертикальных армирующих элементов. В РУП Институт БелНИИС были разработаны конструкции и методики проектирования вертикально-армированных оснований (далее геомассив ВА), позволяющих повысить прочностные и деформационные характеристики слабых сжимаемых грунтов (рис. 1).

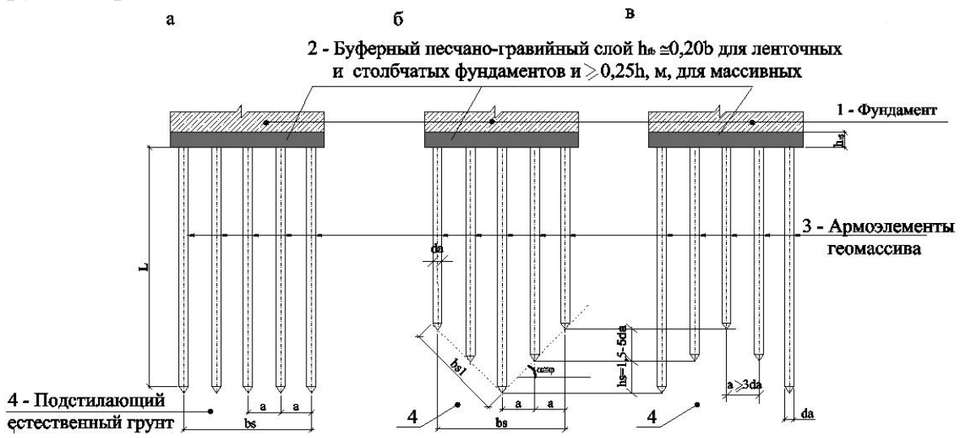


Рис. 1. Конструкции разработанных геомассивов

Основные преимущества данной технологии перед традиционными способами (замена грунта, укатка, трамбовка и др.) это:

– снижение трудоемкости и материалоемкости упрочнения грунта 20–30 %;

– возможность относительно точно подобрать модуль деформации армируемого слоя, что упрощает проектирование зданий на неоднородных грунтах.

Например, применение данной технологии при строительстве спортивного комплекса из легких металлических конструкций в г. Ольшаны из-за того, что часть столбчатых фундаментов здания попали на слой слабого гли-

воздействия факторов окружающей среды. В связи с этим к подобному типу изделий предъявляется ряд требований, среди которых наиболее важными являются требования к физико-механическим характеристикам и стойкости материала (а вместе с тем и изделия) к воздействию солнечного излучения. Вследствие этого, актуальной является проблема подбора композиции для получения методом ротационного формования изделий, соответствующих выдвигаемым требованиям.

В работе были исследованы композиции на основе полиэтилена низкого давления марки LitenRS 58, модифицированного различными добавками. В качестве модифицирующих добавок были использованы:

а) для улучшения физико-механических свойств:

– стеклянный порошок в количестве от 0,1 до 0,5 %;

– стекловолокно в количестве от 5 до 25 %;

б) для улучшения стойкости к воздействию УФ-излучения был использован УФ-стабилизатор (2-метилоксиран-2-ил) (4-фенил-4,5-дигидро-1Н-пиразол-3-ил) метанон) в количестве от 0,05 до 1 %.

Полученные образцы композиций исследовались на прочность при растяжении, ударную вязкость, твердость, ПТР [2]. Кроме того, исследовались образцы с УФ-стабилизатором после старения.

При испытании исследуемых композиций выявлено, что добавление в полимерную композицию 0,1 % стеклянного порошка либо 25 % стекловолокна на 20–30 % увеличивает прочность полученного материала. При использовании композиций с приведенным количеством модификаторов возможно использовать изделия в условиях более интенсивного нагружения. УФ-стабилизатор в количестве 0,5 % сохраняет характеристики материала при облучении его УФ-излучением в течение 100 часов.

При использовании композиций с выбранными модификаторами при производстве изделий, последние приобретают уникальные свойства, которые позволят достичь высоких эксплуатационных характеристик. При этом получаемые ротационным формованием изделия, такие как резервуары, контейнеры, баки, приобретают повышенную прочность, стойкость к воздействию УФ-излучения и могут использоваться в более жестких условиях эксплуатации в течение более длительного времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Уилки, Ч.** Поливинилхлорид : пер. с англ. / Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс ; под ред. Г. Е. Заикова. – СПб. : Профессия, 2007. – 728 с.

2. **Полуянович, В. Я**. Технология переработки пластических масс : лаб. практикум / В. Я. Полуянович, В. В. Яценко, О. М. Касперович. – Минск : БГТУ, 2004. – 127 с.

УДК 621.891.4:534.6

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ АРМИРОВАННЫХ ОТХОДАМИ СТЕКЛОВОЛОКНА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

М. М. РЫЖЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Объектом исследований в данной работе служили полимерные подшипники скольжения из эпоксидного композита, армированного отходами стекловолокна. Прочность таких подшипников является функцией многих переменных, в том числе и адгезионной прочностью между эпоксидным связующим и стекловолокном. К числу факторов, влияющих на адгезионную прочность между эпоксидным связующим и стекловолокном, относится чистота его поверхности.

Для удаления замасливателей с поверхности стекловолокна, в большинстве случаев используются растворители. Лимитирующей стадией такого процесса очистки стекловолокна является увеличение концентрации замасливателя в растворителе, что снижает скорость диффузионного процесса растворения замасливателя. Авторами использовалась возможность применения ультразвуковых колебаний для ускорения ряда гетерогенных процессов очистки отходов стекловолокна от замасливателя.

Для очистки отходов стекловолокна с помощью ультразвука применялась установка, состоящая из магнитостриктора ПМС-15А-18 с коническим волноводом, вращающей литейной формой, которая крепится на волноводе через шарикоподшипник. Питание магнитостриктора осуществлялось от генератора УЗГ-4М, который позволял изменять амплитуду колебаний волновода от 12 до 24 мкм на чистоте 19,5 кГц. Измерение амплитуды колебаний торца волновода проводилось с помощью микроскопа с окулярным микрометром при увеличении 320 крат. Корпус подшипника из эпоксидного стекловолоконного композита изготавливался центробежным методом путем последовательной подачи в литейную форму стекловолокна, а затем эпоксидную смолу и подводили ультразвук. Равномерность распределения стекловолокна и равнотолщинность эпоксидного корпусного композита регулировали частотой вращения литейной формы, скоростью перемещения заливочного устройства и интенсивностью ультразвуковых колебаний (УЗК).

Ультразвуковое воздействие на эпоксидно-волокнистый композит приводит к разогреву на поверхности раздела полимер-волокно из-за различия их акустического сопротивления. Кроме того, ультразвук вызывает колебания макромолекул смолы и стекловолокна, что приводит к удалению загрязнений и замасливателя с поверхности стекловолокна и ускоряет процесс отверждения смолы.

После отверждения эпоксидной смолы подшипники подвергались испытаниям на сжатие. Исследования показали, что прочность корпусных подшипников из эпоксидного композита, армированного стекловолокном в ультразвуковом поле, в 1,5–2 раза выше, чем у подшипников изготовленных без применения ультразвука.

ции. Соединение НЭМ между собой осуществляется фрикционными высокопрочными болтами с использованием накладок, пластин и (или) раскосов.

При проектировании металлоконструкций на основе НЭМ могут создаваться структуры различной формы и назначения. При этом обеспечивается простота изготовления, высокая несущая способность, оптимальная конструктивная форма, оптимальная (низкая) металлоемкость.

Несущий элемент металлоконструкций (НЭМ) изготавливается как минимум из двух элементов, жестко соединяемых между собой, плоскости которых перпендикулярны друг другу.

Металлоконструкции на основе НЭМ могут входить в металлоконструкции различного назначения как отдельные части которые легко собираются посредством накладок, раскосов и фрикционных высокопрочных болтов.

По предварительной оценке предлагаемые решения позволят снизить металлоемкость как минимум на 25 % (при одинаковой высоте стенки стандартного двутаврового сечения, полученного по предлагаемой технологии).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дарипаско, В. М.** Прочность и устойчивость двутавровых элементов с перфорированной стенкой при общем случае нагружения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб : 2000. – 23 с.

2. **Митчин, Р. Б.** Местная устойчивость стенки и оптимизация стальной перфорированной балки : автореф. …дис. канд. техн. наук. – Липецк : 2003. – 26 с.

3. **Ильина, И. А.** Прочность и устойчивость стальных изгибаемых элементов с регулярной и нерегулярной шахматной перфорацией стенки : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Новгород : 2004. – 25 с.

4. **Литвинов, Е. В.** Прочность и устойчивость стенки в линейно-перфорированных элементах стальных конструкций с регулярными отверстиями : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Новосибирск : 2006. – 24 с.

5. **Юрченко, А.А.**Напряженно-деформированное состояние балок замкнутого сечения с перфорированными стенками: автореф. дис…. канд. техн. наук. – Красноярск : 2008. – 27 с.

6. **Рогатовских, Т. М.** Прочность стальных сжато-изогнутых перфорированных элементов в упругопластической стадии: автореф. дис. … канд. техн. наук. – Липецк : 2009. – 26 с.

7. **Фоменко, Е. Ю.** Изгибно-крутильная форма потери устойчивости внецентренно-сжатых стальных двутавровых стоек с перфорированной стенкой: автореф. дис. …. канд. техн. наук. – Красноярск : 2008. – 26 с.

УДК 624.014

СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК (СТОЕК)

Д. О. КУЗМЕНКО, С. В. БОГДАНОВ, И. М. КУЗМЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Составные конструкции в виде балок и стоек двутаврового сечения, воспринимающих преимущественно изгибные, а в редких случаях сжимающие нагрузки, широко используются при создании конструкций различного назначения. На сегодняшний день существует множество видов этих конструкций и множество ТНПА, регламентирующих их применение в промышленном и гражданском строительстве.

В современной практике, до сих пор актуальным является вопрос о путях уменьшения материалоемкости при сохранении прочностных характеристик конструкций в целом. Одним из таких путей является выполнение перфораций в стенке балки. Такой подход не является принципиально новым. Он уже успел доказать неоспоримость своих преимуществ: рациональность распределения материала по сечению при восприятии эксплуатационных нагрузок, снижение массы и расхода металла.

Предложено много конструкций перфорированных двутавровых балок и методик расчета их прочности и устойчивости, позволяющих учесть геометрическую форму перфораций, их взаимное расположение и уровни концентрации напряжений возле них [1–7].

При этом остается не решенным вопрос упрощения производства и монтажа перфорированных двутавровых балок с большой строительной высотой.

В соавторстве с холдингом «Группа компаний Протос» предложены конструктивно-технологические решения (ноу-хау), направленные на упрощение конструкции несущего элемента металлоконструкций (НЭМ) и технологии его изготовления, на создание непосредственно металлоконструкции на его основе, а также на создание надежной несущей металлоконструкции и расширение области ее применения.

Эти предложения оформлены в качестве заявок на выдачу патентов на изобретение в Республике Беларусь (№ а 20121717 от 07 декабря 2012 г.) и в Российской Федерации (№ 2013150386 от 12 ноября 2013 г.).

В зависимости от расчетной схемы и особенностей конструктивной формы непосредственно конструкции, ее назначения, условий нагружения и эксплуатации, проектируемая металлоконструкция собирается из отдельных НЭМ, которые, в свою очередь, могут по-разному располагаться по отношению друг к другу и к другим конструктивным элементам металлоконструк-

УДК 621.732

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

А. М. СТАРОВОЙТОВ, *А. Л. ГОЛОЗУБОВ, *А. А. ГОЛОЗУБОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» им. И. П. Шамякина
Могилев, Мозырь, Беларусь

Анализ условий работы технологической оснастки, работающей в условиях высоких контактных давлений (работа штампов и пресс-форм) показал, что в случаях, когда нормальные давления имеют большие значения, контактное трение определяется, в основном, деформационным взаимодействием соприкасаемых поверхностей. При этом, сопротивление сдвигу в приконтактном слое деформируемого материала будет определять в конечном итоге силу трения.

Таким образом, перевод режима взаимодействия контактирующих поверхностей штамповой оснастки в режим, характеризуемый положительным градиентом свойств, может значительно повысить стойкость соприкасающихся поверхностей, например, пуансонов и матриц, к износу.

Положительный градиент свойств можно обеспечить путем нанесения барьерного износостойкого кремнийсодержащего тонкопленочного покрытия (ТП), имеющего высокие физико-механические свойства, что значительно увеличит твердость поверхности инструмента. При этом внешнее трение и деформации будут происходить не в слоях материала, расположенных в глубине, а в приповерхностном слое, непосредственно вблизи поверхности контакта.

В реальных технологических процессах соприкосновение контактирующих поверхностей может происходить при наличии между ними специально вводимых веществ, облегчающих процесс изготовления изделия. Наличие смазывающее – охлаждающих жидкостей (СОЖ) в контакте между упрочняющим ТП и заготовкой может привести к ряду нежелательных явлений, среди которых наиболее важным является появление продуктов распада СОЖ в результате действия высоких контактных давлений (и, как правило, больших температур), имеющих высокую консистенцию и достаточную адгезию.

В результате этого, между упрочняющим ТП и заготовкой, могут возникнуть участки схватывания, в результате чего наблюдается явление залипания заготовок, что является неприемлемым, например, при разделительной штамповке, т.к. создает дополнительные трудности в процессе удаления заготовки из рабочей зоны. Упрочняющее ТП имеет достаточно низкий коэффициент трения и поэтому решение о целесообразности использования СОЖ

для упрочненных поверхностей, должно приниматься с учетом возможности возникновения нежелательных явлений.

Таким образом, при использовании ТП для упрочнения технологической оснастки могут встретиться два случая взаимодействия:

– сухое трение упрочненных поверхностей;

– трение упрочненных поверхностей по смазке (СОЖ).

Кроме этого, подложки с нанесенным ТП будут взаимодействовать в условиях высоких контактных давлений (ВКД) по двум механизмам:

– при контактировании пары ТП-ТП, износ будет определяться трением по поверхности ТП;

– при контактировании пары ТП – подложка, износ будет определяться свойствами неупрочненной поверхности.

В последнем случае необходимо рассматривать работу в условиях: упругого контактирования, пластического контактирования, упругопластического контактирования.

Если в условиях работы технологической оснастки осуществляется контакт инструмент – обрабатываемый материал, то упрочнению подлежит инструмент, и мы имеем дело со схемой работы «упрочненная поверхность – обрабатываемый материал». Высокие контактные давления по соприкасающимся поверхностям возникают не только в технологических процессах обработки металлов, но и в парах трения машин и механизмов. В случае упрочнения контактирующих поверхностей типа пар трения мы имеем схему работы «упрочненная поверхность – упрочненная поверхность». Поэтому в процессе упрочнения поверхностей возможно нанесение ТП как на одну из контактирующих поверхностей, так и на две поверхности. Процессы взаимодействия контактирующих поверхностей могут сильно отличаться в зависимости от их схемы работы.

При нанесении ТП на одну контактирующую поверхность возможны следующие варианты взаимодействия: смятие неровностей поверхностей подложки без ТП, т. к. ТП более твердое и прочное, чем подложка; смятие самого ТП или срезание неровностей с нанесенным ТП (осажденном на пиках неровностей). Эти варианты взаимодействия при различной шероховатости будут приводить к разным механизмам трения.

Поэтому нанесение ТП, обладающего высокой твердостью и износостойкостью позволяет изменить характер взаимодействия контактирующих поверхностей. Так как барьерный слой, имеющий высокие физико-механические свойства, будет препятствовать взаимному относительному внедрению контактирующих поверхностей, в общей величине силы трения будет преобладать адгезионная составляющая. Причем, деформационная составляющая, в отличие от не упрочненных поверхностей, не будет увеличиваться с возрастанием нагрузки.

При этом сила трения, возникающая по контактирующим поверхностям будет зависеть от характеристик ТП (твердости, износостойкости) и практически не будет зависеть от свойств внутренних слоев подложки, т.к. сопротивление сдвигу будет определяться не в приконтактном слое деформируемого материала, а по поверхности ТП.

Табл. 1. Структура образования, использования и захоронения строительных отходов производства в 2012 г. (без учета вскрышных пород)

Наименование отходов	Образовано		Использовано		Захоронено	
	тыс. т	% от общего объема образования строительных отходов	тыс. т	% от объема образования (индекс использования)	тыс. т	% от общего объема захоронения строительных отходов
Строительный щебень	14,9	1,0	7,1	47,7	0,7	0,2
Отходы от разборки зданий	234,3	16,5	30,8	13,1	203,5	45,1
Смешанные отходы строительства, сноса зданий и сооружений	311,2	21,9	134,8	43,3	175,5	38,9

Многие предприятия предлагают свои услуги по рециклингу строительных отходов, их утилизации и переработке во вторичный щебень. Они утилизируют строительные отходы путем дробления железобетона на компактном мобильном дробильно-сортировочном комплексе прямо на месте образования строительных отходов или в непосредственной близости от них. То есть перерабатывают строительные отходы, что подразумевает под собой дробление железобетона, бетона и кирпича во вторичный щебень различных фракций с одновременным отделением металла. В результате такой переработки – рециклинга – образуется вторичный щебень, пригодный для последующего использования в строительстве, дорожном хозяйстве, благоустройстве территорий и по качеству не уступающий первичному щебню. Это имеет большое значение, так как сегодня ряд стран работает на привозном щебне. Стоит заметить, что там, где проводился снос сооружений, всегда предполагается новое строительство, при котором будет необходим щебень. Рециклинг строительных отходов на месте их начального нахождения дает возможность экономить, в том числе и на покупке строительных материалов. Это объясняется тем, что переработанные материалы стоят гораздо дешевле новых. Когда строительные отходы утилизируются на месте демонтажа, вторичный щебень для нового строительства уже находится непосредственно на месте стройки – это также позволяет экономить.

Рециклинг бетонных отходов – экологичный, эффективный способ управления строительными отходами, позволяющий сократить временные и финансовые затраты.

УДК 69.059.643

АНАЛИЗ ОПЫТА УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Е. Е. КОРБУТ, Я. Ю. ГУТНИК, А. В. ПАПСУЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проблема утилизации строительных отходов остро стоит во всем цивилизованном мире и остается актуальной в связи с растущим количеством несанкционированных свалок, что, в свою очередь, объясняется переполнением существующих площадок, где содержатся строительные отходы.

На сегодняшний день существует два пути утилизации строительных отходов:

– захоронение на специально отведенных полигонах и свалках;

– полная переработка с помощью специальной дробильной техники.

Первый способ утилизации создает большие экологические проблемы.

В последнее время в Республике Беларусь активными темпами производится строительство новых объектов различного назначения. Новые здания возводятся на месте старых, подлежащих сносу, что делает проблему роста объема отходов более глобальной. Строительные отходы, образующиеся после демонтажа сооружений, транспортируют для захоронения на специальные территории, а зачастую просто сваливают в не предназначенных для этого местах. Уберечь большие площади от образования на них полигонов с вредным мусором можно при применении современных технологий демонтажа зданий и использования строительных отходов в качестве вторичного материала.

Значительный объем образования строительных отходов в Республике Беларусь приходится на смешанные отходы строительства, сноса зданий и сооружений (22%), отходы от разборки зданий (16 %),отходы бетона (15 %), бой железобетонных изделий (11 %), асфальтобетон от разборки асфальтовых покрытий (10 %) и бой кирпича керамического (9 %). Таким образом, суммарная доля перечисленных отходов составляет в среднем более 80 % годового объема образования строительных отходов в Беларуси.

В 2012 г. в Республике Беларусь около 32 % строительных отходов удалено на объекты захоронения, главным образом, в виде смешанных отходов строительства, сноса зданий и сооружений и отходов от разборки зданий.

УДК 621.732

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ ИЗНОСА ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

А. М. СТАРОВОЙТОВ, *А. Л. ГОЛОЗУБОВ, *А. А. ГОЛОЗУБОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» им. И. П. Шамякина
Могилев, Мозырь, Беларусь

Для оптимизации процесса плазмохимического нанесения тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий осаждением из дуговой плазмы при атмосферном давлении, первоначально проводились серии поисковых экспериментов, по результатам которых были определены состав дополнительных неорганических реагентов, подаваемых в реакционно-способную плазму. В качестве дополнительных неорганических реагентов по результатам исследований были выбраны изопропиловый спирт и аммиак. Критериями выбора являлись нетоксичность, достаточная испаряемость (упругость паров), отсутствие агрессивного воздействия на детали установки, доступность, невысокая стоимость, возможность продолжительного хранения. Предварительный выбор реагентов был сделан на основе данных термодинамических расчетов состояния реакционно-способной плазмы по программе «Астра.4/ рс».

Тонкопленочное покрытие наносится из реакционно-способной плазмы, генерируемой дуговым плазмотроном для нанесения плазмохимических покрытий, содержащей продукты пиролиза кремнийсодержащих органических жидкостей и дополнительных неорганических реагентов (например, аммиака и изопропилового спирта), в результате протекания гетерогенной реакции осаждения тонкопленочного покрытия из газовой фазы на металлическую подложку, имеющую более низкую температуру. В результате такого характера образования и роста получаемое покрытие имеет химический состав, отличный от стехиометрического, и содержит в своем составе оксиды, карбиды и нитриды кремния, соотношение между которыми зависит от состава реакционной плазмы и режимов нанесения покрытия (в первую очередь, температурных условий осаждения). Получаемое тонкопленочное кремнийсодержащее покрытие не имеет кристаллического строения и представляет собой аморфную (стеклообразную) структуру. Кроме этого, высокие скорости охлаждения, способствующие аморфизации тонкопленочного покрытия, приводят к образованию искаженной, фрагментированной структуры, имеющей высокую степень несовершенств. Осаждение из газовой фазы по

механизму конденсации пар – жидкость – кристалл позволяет достичь высокой адгезии и сплошности наносимого тонкопленочного покрытия.

Использовавшийся ранее способ нанесения тонкопленочного покрытия на металлические изделия имел недостаток – пониженное содержание в тонкопленочном покрытии нитридов и карбидов кремния (от 5 % до 7 %) из-за недостаточного содержания атомарного азота и углерода в составе реакционной смеси в результате пиролиза полиорганосилазана, и как следствие, наличие невысокой микротвердости (от 7,5 до 12 ГПа) и износостойкости покрытия. Задачей оптимизации технологии является повышение микротвердости (от 22 ГПа до 27 ГПа) и износостойкости покрытия путем увеличения содержания в составе покрытия нитридов и карбидов кремния (от 70 до 90 %) за счет увеличения содержания атомарного азота и углерода в составе реакционно-способной плазмы. Этого можно достичь путем введения в реакционно-способную плазму, содержащую продукты пиролиза полиорганосилазана, дополнительных неорганических реагентов, например, аммиака и изопропилового спирта в соотношении соответственно 10:(0,5–3):(0,5–3), в результате пиролиза которых образуется дополнительный реакционно-способный атомарный азот и углерод.

Тонкопленочное покрытие наносилось на упрочняемые поверхности (кромки пуансонов и матриц) вырубных штампов для разделительной штамповки. Материал штампов сталь У8А, 5ХНМ. Штампуемый материал – сталь 12Х18Н10Т, толщиной 1,5–2 мм.

Тонкопленочное покрытие наносилось по двум вариантам:

– в качестве реагента использовался полиорганосилазан;

– в качестве реагентов использовались полиорганосилазан, аммиак и изопропиловый спирт в соотношении 10:1:1 соответственно.

Исследования химического элементного состава тонкопленочного покрытия показало, что при использовании в качестве реагента полиорганосилазана тонкопленочное покрытие имеет следующий состав: Si – 60,84 %, O – 39,02 %, C – 0,14 %, т. е. для первого варианта нанесения тонкопленочное покрытие состоит преимущественно из оксида кремния.

При использовании в качестве реагентов полиорганосилазана, аммиака и изопропилового спирта в соотношении 10:1:1 соответственно, тонкопленочное покрытие имеет следующий химический элементный состав: Si – 47,12 %, N – 25,3 %, C – 27,5 %, O – 0,08 %.

Производственные испытания штампов, упрочненных по первому варианту показали увеличение стойкости по сравнению с неупрочненными штампами в 1,5 раза. Производственные испытания штампов, упрочненных по второму варианту показали увеличение стойкости по сравнению с неупрочненными штампами в 2,5 раза.

Таким образом, повышение твердости и износостойкости тонкопленочного покрытия за счет введения в состав реагента дополнительных веществ (аммиак и изопропиловый спирт) позволило значительно увеличить стойкость штамповой оснастки, что в условиях реального производства позволяет получить положительный экономический эффект.

пользуется переменный (касательный) модуль деформации, определяемый в следующем виде

$$E_k^{(n)} = (\sigma_{yk}/\varepsilon_i^{(n-1)}) \times \mathrm{th}\,(E_{0k} \times \varepsilon_i^{(n-1)}/\sigma_{yk}). \qquad (1)$$

В первом приближении сформулированная задача нелинейного расчета решается в линейной постановке (нулевая итерация). По вычисленным значениям перемещений i–той узловой точки $u_i(x)$, $\nu_i(y)$ определяются интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах сеточных ячеек.

Имея значения напряжений и перемещений, полученных в результате решения задачи в первом приближении, определяется касательный модуль деформации для каждой j-той сеточной ячейки и задача решается во втором и последующих приближениях (первая и вторая итерация соответственно). Итерационный процесс заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением исследуемой функции будет соответствовать требуемой точности решения задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тимошенко, С. П**. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / С. П. Тимошенко. – М. : Наука. 1971. − 807 с.

2. **Selvadurai, A.P.S.** The interaction between a uniformly loaded circular plate and a isotropic elastic halfspace: a variational approach / A. P. S. Selvadurai «J. Struct. Mech» – 1979. –V. 7(3). – P. 231–246.

3. **Босаков, С. В.** Метод Ритца в примерах и задачах по строительной механике и теории упругости / С. В. Босаков. – Минск : БГПА, 2000. −143 с.

4. **Босаков, С. В.** Метод Ритца в контактных задачах теории упругости / С. В. Босаков. – Брест : БрГТУ, 2006. − 108 с.

5. Развитие теории контактных задач в СССР / Под ред. Л. А. Галина. − М. : Наука. 1976. − 493 с.

6. **Александров, А. В.**Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д.Потапов. − М. : Высш. шк., 1990. − 398 с.

УДК: 624.072.21.7

ВЕРИФИКАЦИЯ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНОГО ПОДХОДА АНАЛИТИЧЕСКИМ РЕШЕНИЕМ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ «БАЛОЧНАЯ ПЛИТА − СЛОИСТОЕ ОСНОВАНИЕ»

О. В. КОЗУНОВА
Учреждение высшего образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

В работе представлена верификация вариационно-разностного подхода (ВРП) для решения контактных задач нелинейной теории упругости (плоская деформация) применительно к расчету нелинейно упругого слоистого основания под балочной плитой. Верификация осуществляется путем сравнения результатов линейных и нелинейных расчетов с использованием ВРП и результатов, полученных аналитическим путем для однородного основания с использованием модели упругого полупространства.

Множество задач для балок и плит на основании Винклера рассчитал в аналитическом виде великий русский механик, профессор С. П. Тимошенко [1]. В своих расчетах он использовал прямой метод решения вариационных задач – «метод Ритца». Осесимметричную задачу для круглой пластины на упругом полупространстве методом Ритца рассмотрел A.P.S. Selvadurai [2]. Позднее этот подход с некоторыми изменениями был использован в работах С. В. Босакова [3, 4] при решении некоторых контактных задач теории упругости и строительной механики. Ряд работ по решению контактных задач вариационными методами освещен в коллективной монографии [5].

Учет физической, геометрической или конструктивной нелинейности контактирующих тел в связи с цикличностью итерационного алгоритма усложняет расчеты на порядок. Для упрощения расчетов, но без потери точности, в нелинейной теории упругости предпочтение отдается приближенным методам решения задач о деформировании твердых тел.

В предлагаемой работе проверяются нелинейные расчеты контактной задачи «балочная плита – слоистое основание» аналитическим расчетом (нулевая итерация) с использованием модели упругого полупространства. Каждый слой упругого основания описывается, как *нелинейно деформируемая* однородная среда. Для *k*-того слоя упругого основания выбирается модель упругого слоя конечной толщины с *переменным модулем упругости* E_k, который изменяется функционально в неявном виде и входит в закон нелинейно упругого деформирования основания.

Нелинейный расчет балочной плиты на нелинейно-упругом неоднородном основании методом упругих решений А. А. Ильюшина [6], предполагает итерационный процесс. При каждой итерации модуль деформации в i-той точке упругого слоя основания изменяется, поэтому при вычислениях ис-

УДК 669.715

ТЕРМОВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК ИЗ СИЛУМИНА АК18 ПРИ ЛИТЬЕ НАПРАВЛЕННЫМ ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ ОТ СТЕРЖНЯ

В. Ю. СТЕЦЕНКО, К. Н. БАРАНОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Силумины, полученные при литье в струйные кристаллизаторы и стержни, вследствие высокой скорости охлаждения отливки, обладают высокодисперсной и инвертированной микроструктурой с равномерно распределенными кристаллами кремния сфероидальной формы [1]. Такая микроструктура в полной мере соответствует принципу Шарпи для антифрикционных материалов и обеспечивает повышенные эксплуатационные свойства заготовок.

В настоящей работе исследовали влияние продолжительности выдержки отливок диаметром 55 мм из заэвтектического силумина АК18 в нагреваемой графитовой форме на их структуру и механические свойства. Отливки получали методом литья направленным затвердеванием от интенсивно-охлаждаемого стержня. В качестве материала гильзы водоохлаждаемого стержня использовали силумин АК12. Нагрев графитовой формы осуществляли трубчатым электронагревателем до температуры 570 °С. Температуру нагрева формы фиксировали хромель-алюмелевой термопарой, установленной в стенке графитовой втулки на глубину 7 мм от наружной поверхности. Показания термопары фиксировали при помощи блока регистрирования температуры фирмы LG и ноутбука. Длительность выдержки отливок в нагреваемой форме составляла: 0,5 мин; 1 мин; 30 мин; 1 ч; 2 ч; 2,5 ч.

Из средней части опытных образцов вырезались поперечные кольцевые шлифы для анализа их микроструктуры. Методом металлографического анализа установлено, что при увеличении времени выдержки отливок в нагреваемой графитовой форме более 1 ч при нагреве формы до 570 ^{o}С происходит коагуляция и сфероидизация кристаллов эвтектического кремния, а также диффузия первичного кремния из α-твердого раствора. При этом развитие диффузионных процессов обусловливает снижение твердости отливок. Твердость кристаллов кремния измеряли на микротвердомере HVS-1000 при нагрузке 25 г. Микротвердость кристаллов первичного кремния до термовременной обработки составила 5363 HV, алюминиевой матрицы – 593 HV и кристаллов эвтектического кремния 1876 HV. После термовременной обработки опытных образцов из сплава АК18 микротвердость кристаллов кремния была равна 1452 HV, а алюминиевой матрицы –252 HV.

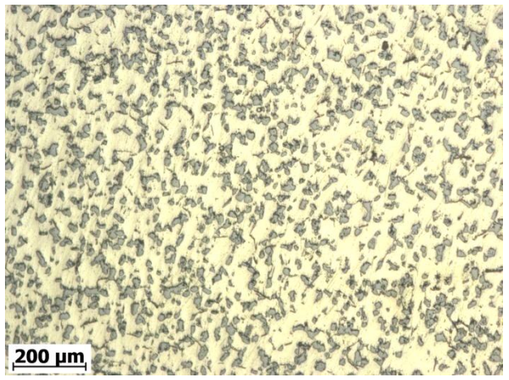


Рис. 1. Микроструктура отливок диаметром 55 мм из сплава АК18 после выдержки в нагреваемой форме

Исследовали износостойкость образцов, полученных после термовременной обработки. Фрикционную износостойкость образцов определяли на машине трения СМЦ-2 в условиях сухого трения по схеме вал-втулка при нагрузке 0,5 МПа и скоростью скольжения образца относительно стального вала 0,35 м/с. В качестве материала для сравнения была выбрана антифрикционная бронза БрО3Ц7С5Н. Проведенные исследования износостойкости показали, что скорость износа опытных образцов из сплава АК18 после термовременной обработки составила 0,0458 мм/ч, а у образцов из бронзы БрО3Ц7С5Н – 0,964 мм/ч. Установлено, что износостойкость в паре трения со сталью у образцов из сплава АК18, после термовременной обработки в 19–21 раз выше, чем у высокопрочной антифрикционной бронзы БрО3Ц7С5Н.

Таким образом, заготовки из заэвтектического силумина АК18, при литье направленным затвердеванием от стержня, после термовременной обработки в нагреваемой графитовой форме имеют микроструктуру, состоящую из мягкой пластичной алюминиевой матрицы с равномерно расположенными в ней твердыми включениями кристаллов кремния. Такая микроструктура характерна для заготовок, применяемых в качестве подшипников скольжения в узлах трения различных машин и механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Модифицирование сплавов / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 192 с.

Из перечисленных параметров, на рис. 2 представлены те, определение которых возможно электронным тахеометром. Параметры, для которых известны или разработаны способы их определения, оттенены.

Рис. 2. Действительные геометрические параметры, определяемые с помощью электронного тахеометра

Для определения длины прямых участков трассы, уклонов и отметок в продольных профилях используются стандартные программы электронного тахеометра. Способы определения действительных радиусов кривых в плане, оценки плавности закруглений, крутизны откосов разработаны на кафедре «Автомобильные дороги» университета [1–3].

Дальнейшее применение электронного тахеометра требует решения задач по определению радиусов вертикальных кривых, поперечных уклонов земляного полотна, видимости дороги на вертикальных кривых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение радиусов закруглений автомобильных дорог способом прямоугольных координат / Ю. А. Катькало [и др.] // Вестн. МГТУ. – № 1. – 2005. – С. 98–102.

2. Определение действительных радиусов на закруглениях автомобильных дорог электронным тахеометром / Ю. А. Катькало [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – № 3. – 2012. – С. 89–95.

3. **Катькало, Ю. А.** Определение крутизны откоса земляного полотна электронным тахеометром / Ю. А. Катькало, Н. В. Тулуевский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 109.

УДК 625.72: 528.4

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ

Ю. А. КАТЬКАЛО, А. А. КАТЬКАЛО, Н. В. ТУЛУЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При строительстве автомобильной дороги выполняют операционный контроль качества работ и по окончанию строительства приемочный контроль. В соответствии с ТКП 059-2007 «Автомобильные дороги. Правила устройства» контролируется качество сооружения земляного полотна, устройства дорожной одежды, установки элементов обустройства дороги и общие параметры дороги.

При сооружении земляного полотна проверяют размещение осевой линии и высотные отметки, снимаемые и отсыпаемые слои, поперечный профиль земляного полотна, водоотводные и дренажные устройства. При устройстве дорожной одежды контролируют слои дорожной одежды. При общем контроле определяют видимость дороги.

На диаграмме (рис. 1) приведены все геометрические параметры, контроль которых установлен ТКП 059-2007.

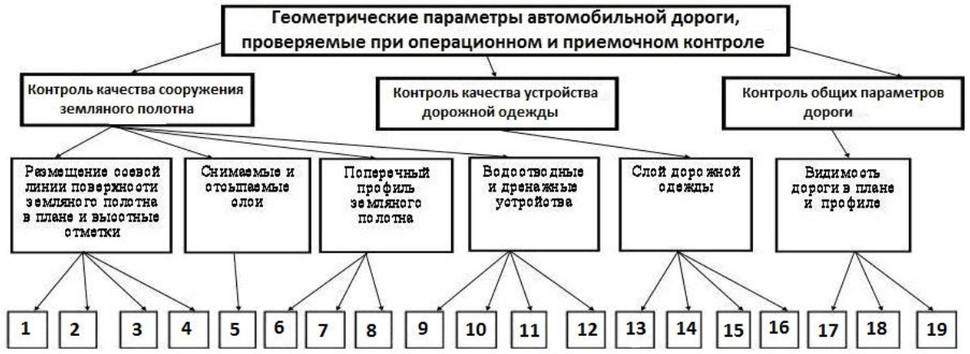


Рис. 1. Контролируемые геометрические параметры автомобильной дороги: 1 – длина прямых участков, углы поворота трассы; 2 – радиусы кривых в плане; 3 – радиусы вертикальных кривых; 4 – уклоны и отметки продольного профиля; 5 – толщина слоев; 6 – расстояние между осью и бровкой; 7 – поперечный уклон; 8 – крутизна откосов; 9 – поперечные размеры канав по дну; 10 – поперечные размеры дренажей; 11 – продольные уклоны дренажей; 12 – ширина насыпных берм; 13 – высотные отметки по оси дороги; 14 – ширина слоев; 15 – толщина слоев; 16 – поперечные уклоны; 17 – видимость на пересечениях в одном уровне; 18 – видимость на горизонтальных кривых; 19 – видимость на вертикальных кривых

УДК 621.74.046

ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК «СТ45Л-АНТИФРИКЦИОННЫЙ СИЛУМИН АК15М3» ДИАМЕТРОМ 55 мм

В. Ю. СТЕЦЕНКО, В. В. НОВИКОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разработана технология литья заготовок «сталь – антифрикционный силумин» для червячных колес редукторов взамен аналогичных из дорогостоящей бронзы [1]. Сцепление слоев происходит за счет заливки и затвердевания жидкого силумина в продольных пазах стального стержня. При изготовлении деталей машин небольших диаметров, работающих в условиях повышенных механических нагрузок, вырезание продольных пазов часто технологически нецелесообразно и даже невыполнимо.

При проведении экспериментов стальные стержни подвергали токарной обработке с нанесением метрической резьбы. Высота профиля составляла 1 мм. После механической обработки сталь обезжиривали в бензине, после чего нагревали до температуры 150 °С. В качестве сплава заливки выбирали АК15М3. Предварительно стержни погружали в расплав чистого алюминия при температуре 850 °С, выдерживали в течение 5 мин, после чего заливали сплавом АК15М3 при температуре 850 °С.

Были получены биметаллические заготовки «Ст45Л – антифрикционный силумин АК15М3» диаметром 55 мм. После проведения термообработки образцов по режиму Т5 размер кристаллов первичного кремния в зоне силумина составлял 25…40 мкм, эвтектического 2…5 мкм, при средней твердости 140 НВ. Прочность соединения слоев составляла 13,6 кг/мм^2. Прочность силумина – 260 МПа.

Таким образом, полученные биметаллические отливки Ст45Л-АК15М3 диаметром 55 мм являются перспективным материалом небольших деталей узлов трения машин и механизмов, взамен изделий из дорогостоящей импортной бронзы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стеценко, В. Ю.** Производство биметаллических заготовок «СТ25Л-АК1М3» для червячных колес редукторов / В. Ю. Стеценко, В. В. Новиков // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – Ч. 1. – С.104.

УДК 621.386.832

ЛЮМИНОФОРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ YAG

О. В. УРЕЦКАЯ, Н. Е. ДРОБЫШЕВСКАЯ, Е. Н. ПОДДЕНЕЖНЫЙ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

В НИЛ ТКН ГГТУ им. П.О. Сухого разработан и запатентован новый состав и способ формования люминофорного покрытия на основе легкоплавкого стекла состава BaO-Bi_2O_3-B_2O_3-K_2O-SiO_2 с температурой размягчения не более 600 °С и наноструктурированного порошка иттрий-алюминиевого граната (YAG, ИАГ), легированного церием, синтезированного методом горения азотнокислых солей в сахарозе или в уксусной кислоте. Отличительной особенностью способа является введение в состав композиции порошка кварцевого стекла в качестве диффузно-рассеивающего компонента, улучшающего светотехнические характеристики. Люминофорная композиция готовится смешиванием компонентов с изопропанолом, далее шликер наносится поливом на стеклянную подложку и высушивается. Стеклянная подложка с покрытием помещается в муфельную печь на керамическую подставку и постепенно нагревается до температуры 650 °С и выдерживается в течение 30–60 мин, затем медленно охлаждается с печью до комнатной температуры (рис.1).

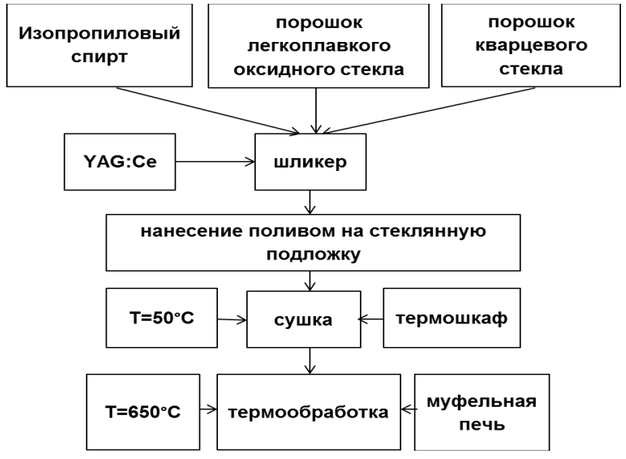


Рис. 1. Схема методики получения люминофорных покрытий

В качестве подложки были использованы как гладкие, так и рифленые стекла, а также окрашенные стекла, полученные золь-гель методом, причем с

УДК 624.21:625.72

О ЗАИЛЕНИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Д. С. ИЛЮКОВИЧ, А. М. СЕРГЕЕВА, В. Т. ПАРАХНЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В ходе обследования были выявлены недостатки, которые заложены на стадии проектирования водопропускных труб. Основным аспектом гидравлических расчетов является уточнение вероятности превышения расчетного расхода. Как оказалось трубы, рассчитываются таким образом, что раз в 30 лет (минимально) должен проходить поток с максимальным расходом воды который не будет допускать разрушения труб. Учитывая, что эксплуатационный срок службы водопропускных труб на автомобильных дорогах составляет 50 лет и более, можно сделать вывод, о необходимости гидравлических расчетов, исключающим заиление.

Одним из основных эксплуатационных особенностей водопропускных труб является изменение характеристик потока русла в трубе. Они зависят от расчетного расхода Q на входном отверстии трубы, диаметра трубы D, характеристик лога (его уклона), уклона самой трубы, а также изменения рельефа лога в процессе эксплуатации трубы. Возможным решением данной проблемы является устройство трубы с продольным уклоном лотка равным уклону лога, но это требует более сложного расчета и соответственно строительства. Возникает необходимость водопропускную трубу рассчитывать с вероятностью превышения расчетного расхода ВП = 50 % (раз в 2 года), что позволит трубе «самоочищаться», предполагая что один год труба заиляется, а в другой происходит вынос продуктов заиления.

В связи с этим необходимы расчеты, которые бы по величине расхода, скорости на выходе и уклону лога отводящего русла давали рекомендации по исключению заиления трубы выходного участка. Использование на этапе проектирования расчетов такого рода приведет к снижению затрат по очистке водопропускных труб и увеличит их срок службы. Разрушение местных укреплений заметно снизится, т. к. не будет происходить заиления лотков водопропускных труб и заболачивание входных отверстий. Водопропускные трубы будут работать в таком режиме, какой был принят на этапе проектирования.

Существенным остаётся тот факт, что за период эксплуатации водопропускных труб меняется не только положение и шероховатость лога водотока, но и климат. Зимы становятся более продолжительными и, как следствие, процессы оттаивания продуктов заиления длятся гораздо дольше, оказывая огромное влияние на водопропускную способность труб.

условного динамического сопротивления грунта погружению зонда, а по результатам статического зондирования – для всех пылевато-глинистых грунтов, независимо от генезиса и истории формирования.

Применение карт районирования эмпирических зависимостей приводит к снижению стоимости и продолжительности работ по инженерным изысканиям.

Для расширения возможности применения динамического зондирования по результатам статистической обработки опытных данных, полученных из технических отчетов по инженерно-геологическим изысканиям выполненным в 2000–2011 гг. на территории всей республики, авторами была подобрана корреляционная зависимость между показателем текучести флювиогляциальной супеси сожского горизонта от сопротивления условному динамическому зондированию в виде (1). Графически данная зависимость приведена на рис. 1.

$$I_L = -0{,}0024 \cdot P_d^2 - 0{,}0142 \cdot P_d + 0{,}5092 \qquad (1)$$

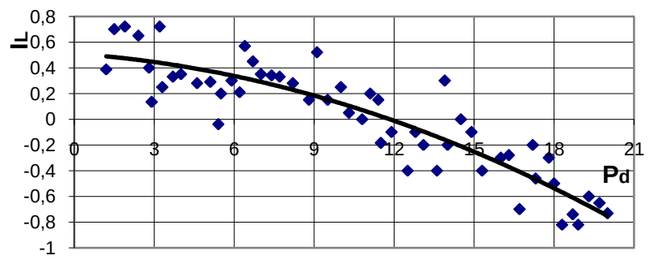


Рис. 1. Зависимость показателя текучести флювиогляциальной супеси от условного динамического сопротивления грунта погружению конуса

Анализ проведен для грунтов, физические характеристики которых определены по монолитам ненарушенной структуры в лабораторных условиях. Объем выборки для выведения показанной регрессионной зависимости составил 54 исследований, коэффициент достоверности аппроксимации равняется $R^2 = 0{,}81$, что соответствует высокой связи между признаками по шкале Чеддока.

Таким образом, приведенная корреляционная зависимость значительно расширяет существующую нормативную базу в области характеристик грунтов оснований и позволяет значительно снизить продолжительность и стоимость работ по инженерно-геологическим изысканиям, не снижая их достоверности.

использованием рифленых подложек процесс нанесения покрытия остается практически неизменным, а расход шликера уменьшается на 50–60 %.

Поверхность люминофорного покрытия, формируемого с наполнителем – кварцевым стеклом размером 0,2 мм, более гладкая, содержит меньшее количество пор и не содержит трещин. Поверхность люминофорного покрытия, формируемого с более крупным наполнителем (0,5 мм) не содержит пор, но имеет более грубую и неоднородную поверхность. Толщина слоя люминофорного компаунда составляет 30–50 мкм.

В качестве основы люминофорных покрытий было исследовано несколько типов легкоплавких оксидных стекол: $PbO\text{-}Bi_2O_3\text{-}SiO_2$, $Bi_2O_3\text{-}B_2O_3$, $ZnO\text{-}CaO\text{-}B_2O_3$.Установлено, что использование Bi-B-стекла приводит к формированию пористой структуры покрытия и полному тушению люминесценции, а наилучшей совместимостью с порошком люминофора обладает цинк-бор-кальциевое стекло. Наибольшую эффективность люминесценции и совместимость с легкоплавким стеклом основы продемонстрировали покрытия с порошком ИАГ, полученные методом горения в уксусной кислоте.

В качестве одного из вариантов подложек для люминофорных покрытий, кроме подложек из медицинского и строительного стекла, использовались окрашенные ионами переходных металлов гель-стекла, которые могут служить одновременно цветными оптическими фильтрами и окрашивать проходящее излучение через люминофорный преобразователь в различные цвета: желтый, зеленый, красный. Преимуществом такого подхода является возможность дополнительного регулирования цвета излучения, проходящего через окрашенную подложку с нанесенным слоем стеклообразного люминофора.

Конструкция светопреобразователя, изготовленного на рифленой подложке с нанесенным в углубления слоем люминофорного компаунда требует еще меньшего расхода дорогостоящего люминесцентного порошка (на 50–60 %) и сохраняет равномерность излучения. Равномерное распределение компаунда, содержащего ультрадисперсные частицы люминофора на основе иттрий-алюминиевого граната в углублениях стеклянной пластины обеспечивает стабильность и равномерность прохождения светового потока с его преобразованием в широкополосное излучение с большей длиной волны. А световой поток синего цвета равномерно проходит не меняя цветности через прозрачные области подложки. Толщина и состав слоя компаунда подбирается таким образом, что синее излучение светодиода ($\lambda_{изл}$ =455 нм) возбуждает в люминофоре широкополосное излучение с максимумом на длине волны, равным 570 нм (желтое свечение).

Суммарное излучение синего СД и желтого люминофора воспринимается глазом как свет белого или «теплого» белого цвета в зависимости от соотношения прозрачных областей и заполненных люминофором углублений.

УДК 621.787

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. Э. ЛИПСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Установлено, что характерными дефектами глубокого сверления отверстий в дисперсно-упрочненных материалах являются большие значения увода и отклонения от прямолинейности оси отверстия. Согласно проведенным исследованиям, наибольшее влияние на эти дефекты оказывает биение поверхности обработанного отверстия, причинами которого являются несоосность центрового отверстия и поверхности базирования заготовки, деформация заготовки при закреплении на станке, поперечная разнообрабатываемость материала и др.

Следующей важной причиной увода являются поперечные колебания инструмента. Вынужденные колебания возбуждаются внешними воздействиями, связанными с вращением заготовки. К ним относятся: изменение сил резания за один оборот вследствие возможной разнотвердости материала заготовки; биение поверхности обработанного отверстия, на которую базируется инструмент своими направляющими элементами.

Увод вызывается также и погрешностями заточки инструмента, и неравномерностью износа главных режущих лезвий, что приводит к неравенству сил резания. При сверлении отверстий диаметром 0,9 мм на глубину 26 мм в заготовках из дисперсно-упрочненного материала в 40…50 % случаев происходил увод сверла на величину 0,3…2,0 мм, что недопустимо при изготовлении токоподводящих наконечников.

Наиболее важной причиной увода является эпизодически возникающая адгезия на рабочих поверхностях инструмента. Высокая твердость дисперсно-упрочненных материалов вызывает необходимость увеличения осевого усилия, что приводит к возрастанию температуры и вероятности разрыва пленки СОЖ. С другой стороны, наличие наноразмерной абразивной дисперсной фазы Al_2O_3 в условиях сухого и полусухого трения вызывает интенсивный износ задних поверхностей инструмента, интенсифицирует нагрев в зоне контакта и активизирует адгезию на стертых фасках. В связи с тем, что процесс адгезии на режущих кромках отличается нестабильностью, это приводит к «рысканию» сверла и уводу его от оси вращения. В процессе исследований наблюдалась связь между ростом осевого усилия и вероятностью и величиной увода. В результате исследований было отмечено, что даже при устранении других причин, величина уводов колеблется в широких пределах и их направление имеет случайный характер.

УДК 624.131

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНОЙ СУПЕСИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

С. В. ИГНАТОВ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Современная толща оснований на которых возводятся здания и сооружения в республике складывалась на протяжении длительного периода времени. В современном антропогене территория Беларуси неоднократно подвергалась оледенениям, которые распространялись на всю территорию. Окончательное формирование толщи оснований Республики Беларусь произошло в период формирования, движения и таянья сожского (московского) ледника. Данный ледник получил свое развитие на территории центральной части страны. На юге Приднепровской низменности и в восточных районах Полесья отложения сожского оледенения отсутствуют, либо были подвержены размыву водно-ледниковыми потоками при таянии ледника.

Таким образом, на территории Республики Беларусь выделяют следующие основные типы ледниковых отложений:

– непосредственно моренные – представляющие собой глинистые грунты с примесью крупнообломочных частиц;

– озерно-ледниковые – сформированные в период таяния ледника в виде слоистых глин, песков мелких и пылеватых, образовавшихся на дне внутренних озер и морей ледников;

– флювиогляциальные – грунты, наносимые по окаймляющим ледник областям водными потокам во время его таяния.

Исследования грунтов оснований Республики Беларусь проводили Винокуров Е. Ф., Бусел И. А., Трацевская Е. Ю., Яромко В. Н., Евгеньев И. Е., Сеськов В. Е., Ловыгин Н. И., Колпашников Г. А., Пойта П. С., Шведовский П. В., Родкевич Г. А. и многие др.

Вышеназванные авторы разработали сводные таблицы осредненных характеристик грунтов оснований. Также для условий Беларуси имеются карты инженерно-геологического районирования отложений, которые встречаются на ее территории. По этим картам для каждого района можно определить инженерно-геологические колонки с наиболее характерными последовательностями напластований грунтов, а также их осредненными физическими и механическими характеристиками. Кроме того, нормативные документы позволяют определить среднее значение физических, механических и деформативных характеристик оснований в зависимости от величин сопротивления грунта динамическому и статическому зондированию. Что касается консистенции, то на сегодняшний день составлены лишь нормативные зависимости показателя текучести моренных и лессовидных супесей и суглинков от

два образца: образец №1 – имеющий защиту с одной стороны клеевым составом, а с другой стороны защищенный слоем нитроэмали НЦ-132; образец №2 – имеющий защиту только с одной стороны клеевым составом. Проведенные в течение 76 часов испытания показали различное поведение образцов при одностороннем увлажнении. Стрелка коробления составила: для образца №1 – 1,74 мм, для образца №2 – 6,16 мм. Отметим, что в первые 5 часов увлажнения рост деформаций образца №2 составил 0,99 мм, а образца №1 – 0,03 мм.

Выполненный сравнительный анализ проектной документации на объект и нормативно-технической литературы в области применения ЦСП в строительстве показал, что проектировщик не учел опыт российских строителей, работающих с ЦСП более 30 лет, в части требований к материалу каркаса, соблюдения шага крепежных элементов, внутренней отделки ЦСП керамической плиткой.

Исполнитель работ по устройству перегородок, не имея практического опыта по изготовлению конструкций на основе ЦСП, при разработке технологической карты на монтаж конструкций не учел физико-механических свойств плиты и ее поведения при эксплуатации здания.

Республиканскому унитарному предприятию «Бреставтодор» даны рекомендации по обеспечению эксплуатационной пригодности перегородок с применением ЦСП, а именно: демонтировать существующие перегородки; разработать проектно-сметную документацию на устройство перегородок с учетом требований выполнить монтаж перегородок [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Брест, 2013. – Режим доступа www.easybuilding.ru. – Дата доступа: 10.02.2013.

2. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования: ТКП 45-1.04-208-2010 (02250). – Введ. 15.07.2010. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь,2001. – 27с. Технический кодекс установившейся практики.

3. Стены, покрытия, перегородки, полы и ограждающие конструкции мансард с применением цементно-стружечных плит производства «ТАМАК». Материалы для проектирования и чертежи узлов (шифр 24.09.10).

Это дает основание предполагать, что уводы зависят от каких-то случайных причин либо не всегда проявляющихся, либо не постоянно существующих (адгезия, разнотвердость). Под воздействием факторов вызывающих поперечные автоколебания происходит появление и крутильных автоколебаний. Кроме того, крутильные колебания инициируются разрывом пленки СОЖ и возникновением адгезии. Это особенно характерно для обработки заготовок, обладающих высокой твердостью и абразивностью. При возникновении крутильных автоколебаний инструмента увеличиваются динамические нагрузки на режущую часть инструмента. Это интенсифицирует процесс изнашивания режущих кромок, повышает шероховатость поверхности и приводит к поломке инструмента. При сверлении отверстий малого диаметра в дисперсно-упрочненной меди, в связи с тем, что инструмент обладает пониженной жесткостью на кручение, а материал отличается высокой твердостью и абразивностью, значительно повышается интенсивность крутильных колебаний инструмента. Амплитуда крутильных автоколебаний сверла является главным параметром, определяющим устойчивость процесса обработки. Так как измерить амплитуду колебаний сложно, авторами измерялась величина и амплитуда колебаний суммарной осевой силы P_0 и суммарного крутящего момента $M_к$. По изменению этих параметров косвенно оценивались крутильные и продольные колебания инструмента. Если величина амплитуды колебаний крутящего момента $A_м$ не превышала величины суммарного крутящего момента $M_к$, то процесс сверления считали устойчивым.

Значения P_0 и $M_к$, а также амплитуды колебаний крутящего момента $A_м$ возрастают при увеличении подачи. Причем, переход от устойчивого процесса к неустойчивому происходит скачкообразно, и зависит от технологических условий. Для снижения вероятности поломки инструмента величина амплитуды колебаний крутящего момента $A_м$ не должна значительно превышать величины суммарного крутящего момента $M_к$.

Результаты исследований показали, что при сверлении отверстий спиральными сверлами из быстрорежущей стали диаметром 0,9 мм в заготовках из дисперсно-упрочненной меди при подачах S_0,превышающих 0,020 мм/об или достижении величины износа на задних поверхностях инструмента 0,025 мм амплитуда $A_м$ становится больше $M_к$, что указывает на возникновение неустойчивого процесса, приводящего к поломке инструмента.

УДК 621.787

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ЗАГОТОВКАХ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одной из областей применения дисперсно-упрочненных материалов на основе меди является изготовление токоподводящих наконечников аппаратов для сварки электродной проволокой в среде защитных газов. В этих изделиях необходимо получить отверстие диаметром 0,8…2,0 мм глубиной 18…30 мм. В работе приводятся результаты исследований процесса обработки отверстий спиральными сверлами из быстрорежущей стали диаметром 0,9 мм на глубину 20 мм в заготовках из дисперсно-упрочненной меди с применением различных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

Для повышения производительности и стойкости инструмента при глубоком сверлении необходимо ограничивать амплитуду его крутильных колебаний. Исследования при скорости резания 8 м/мин показали, что из всех геометрических параметров инструмента наибольшее влияние на предельно допустимую подачу оказывает угол при вершине сверла 2φ. Результаты этих исследований представлены на рис. 1. Кроме того, было отмечено, что при углах меньших 110° стойкость инструмента значительно снижается. График показывает, что в исследуемом диапазоне углов имеется оптимальное значение 2φ =120°, которое и применялось в дальнейших исследованиях.

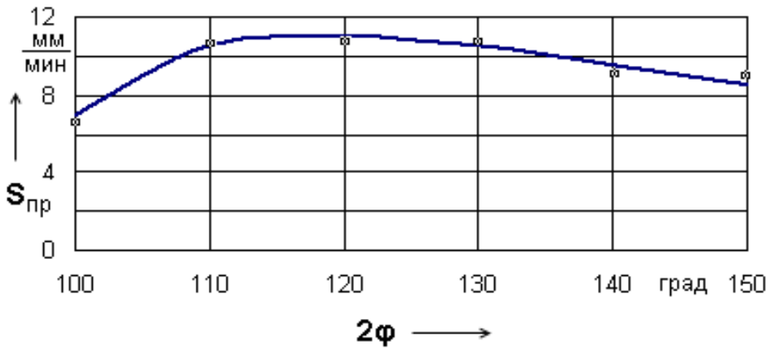


Рис. 1. Влияние угла при вершине на предельно допустимую подачу

Решающее влияние на стабильность процесса оказывал износ инструмента. Исследовалось влияние величины износа на задней поверхности на-

УДК 696:625.748.26

О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПЕРЕГОРОДОК ТУАЛЕТА НА ПЛОЩАДКЕ ОТДЫХА В ПРУЖАНСКОМ РАЙОНЕ

В. В. ЖУК
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙУНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

В последние годы в нашей стране в строительстве все чаще применяются цементно-стружечные плиты (ЦСП) – листовой материал, специально разработанный для строительства, обладающий рядом положительных свойств: достаточно прочный, в значительной степени атмосферостойкий и огнестойкий, с хорошими теплоизоляционными характеристиками, не поддающийся разрушающим воздействиям древесных грибков, не токсичный. Так, ОАО «Строительный трест №8» г. Брест, наладил производство элементов несъемной опалубки с применением ЦСП для сборнокаркасных и монолитных домов [1]. Государственное предприятие «Белгипродор» при проектировании и строительстве объектов придорожного сервиса использует ЦСП для устройства стен и перегородок, что позволяет сокращать трудозатраты, уходить от «мокрых» процессов при выполнении отделочных работ.

В Брестской области при строительстве автомобильной дороги «Обход территории Национального парка «Беловежская пуща»» на площадках отдыха возведены здания общественных туалетов с применением ЦСП. В процессе эксплуатации зданий, в частности на площадке отдыха в д. Вежное Пружанского района, в течение гарантийного срока выявлены дефекты различной степени значимости: наличие вертикальных трещин (большей частью по швам керамической плитки); наличие наклонных трещин; выпучивание обшивки перегородок до 23 мм в горизонтальной плоскости между вертикальными стойками металлического каркаса, что составляет 1/54 длины деформируемого участка и, что больше нормируемой величины 1/100; отслоение и частичное выпадение керамической плитки; слабое сцепление керамической плитки с обшивкой перегородки.

Согласно п.8.18 [2] техническое состояние перегородок характеризуется IVкатегорией – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние.

Для установления причин возникновения дефектов перегородок были выполнены экспериментальные работы по изучению влияния одностороннего увлажнения на деформированное состояние образцов ЦСП с различной степенью защиты, изучена проектно-сметная документация на объект и нормативно-техническая литература по применению ЦСП при устройстве перегородок поэлементной сборки.

С целью оценки влияния одностороннего увлажнения на деформированное состояние конструкции перегородок были подвергнуты испытаниям

а) б)

Рис. 1. Характер разрушения фрагмента несъемной опалубки: а – раскрытие металлического замка; б – выдергивание крепежных шурупов из ЦСП

Данные о несущей способности металлического замка (P = 4,8÷5,8 кН) согласуются с данными испытаний, полученными специалистами аналогичного по профилю предприятия в Республике Словакия (VST Verbundschalungstechnik) при испытаниях фрагментов несъемной опалубки стена размерами bxlxδ=250x450x24 мм (P = 3,9÷5,9 кН) [1]. Минимальная несущая способность одного металлического замка составляет 3,35 кН, а теоретическая несущая способность принята 2,21 кН [1].

Согласно [2] при уровне заполнения бетонной смесью элемента несъемной опалубки 1,2 м и плотности самоуплотняющегося бетона 2454 кг/м^3 максимальное боковое давление бетонной смеси на опалубку равно 29,45 кПа [2]. Металлические замки нижнего яруса, расположенные на расстоянии 275 мм от низа элемента несъемной опалубки, воспринимают усилие: только от бокового давления свежеуложенной смеси – 3,79 кН; с учетом нагрузки, возникающей при укладке бетонной смеси в опалубку – 4,4 кН.

На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что несущая способность металлических замков фрагментов несъемной опалубки на растяжение составляет 5,3 кН, что больше теоретической несущей способности 4,44 кН, определенной с учетом рекомендаций [2].

Полученные результаты экспериментальных исследований могут служить предпосылкой для корректировки конструктивного решения несъемной опалубки из ЦСП и положений ТУ BY 200002603.001-2011 в части назначения величины разрушающей нагрузки на элементы несъемной опалубки стен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организационная директива ОС-06. Испытание на разрыв винтового соединения анкеровки металлических стеновых замков: VST Verbundschalungstechnik, s.r.o. – Нитра. – 7 с.

2. **СНиП 3.03.01-87**.Строительные нормы и правила. Несущие и ограждающие конструкции. – Введ. 01.07.1988. – М. : ГосстройСССР, 1991. – 192 с.

ружной кромки, где износ имеет максимальное значение, на предельно допустимую подачу. Результаты экспериментов представлены на рис. 2. Из графика видно, при увеличении износа свыше 0,10 мм допустимая подача $S_{пред}$ резко снижается. Проведенные исследования показали, что с увеличением подачи и скорости резания возрастает амплитуда колебаний крутящего момента. Результаты исследований представлены на рис. 3.

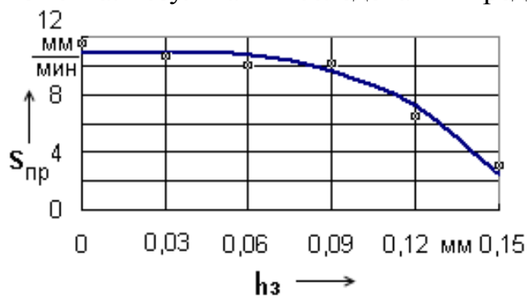


Рис. 2. Влияние величины износа задней поверхности инструмента на предельно допустимую подачу

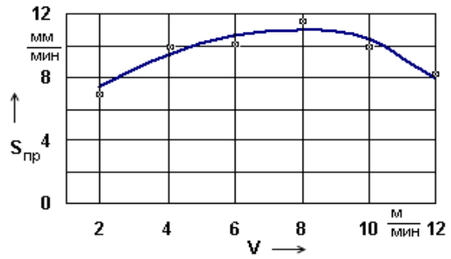


Рис. 3. Влияние скорости резания на предельно допустимую подачу

Из графика видно, что процесс сверления является стабильным во всем диапазоне исследованных скоростей резания (2–12 м/мин) при подачах S_0 = (2–11) мм/мин. При увеличении подачи до значений S_0 = 11мм/мин устойчивость процесса сохранялась при скорости резания, не превосходящей 8,2 м/мин.

Таким образом, для достижения наибольшей производительности и сохранения стабильности процесса рекомендуется производить обработку отверстий с меньшими подачами $S_{опт}$= (0,6–0,7)·$S_{пред}$ и с большей скоростью резания. Внедрение скоростного сверления глубоких отверстий перспективно не только с точки зрения повышения производительности, но и с точки зрения уменьшения уводов, повышения чистоты образуемых поверхностей, а, следовательно, повышения качества обработки.

Но, с другой стороны, было установлено, что при увеличении скорости резания более 8 м/мин повышается интенсивность процесса тепловыделения в зоне резания и значительно снижается стойкость инструмента.

УДК 691.3:666.97

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАФТОРСИЛИКАТА ЦИНКА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

О. Е. ХОТЯНОВИЧ, А. А. ШЕВЧУК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Одной из важнейших проблем строительной отрасли является повышение эксплуатационной надежности и долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Эффективным способом поверхностной обработки бетона является флюатирование – пропитка изделий растворами гексафторсиликатов магния, кальция, цинка и других металлов.

На кафедре химической технологии вяжущих материалов БГТУ ранее разработан способ получения гексафторсиликата магния, пропиточный состав «Сифтом» на его основе и режим поверхностной обработки бетона [1, 2]. Следует отметить, что одним из сырьевых материалов для получения $MgSiF_6$ является каустический магнезит марки ПМК-75 (ОАО «Комбинат Магнезит», Россия), стоимость которого в настоящее время составляет примерно 330 у.е. за тонну без учета транспортных расходов.

Анализ литературных данных показал, что наряду с гексафтосиликатом магния для поверхностной обработки бетона может успешно применяться гексафторсиликат цинка. Для получения указанного материала использовалась пыль газоочистки ОАО «Белорусский металлургический завод» управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», которая характеризуется постоянством химического состава и содержит около 40 % оксида цинка и гексафторкремниевая кислота с концентрацией 40–45 мас.%, образующаяся на ОАО «Стеклозавод «Неман».

Таким образом, целью исследования является разработка технологического процесса получения гексафторсиликата цинка из техногенного сырья.

Синтез гексафторсиликата цинка проводили в трехгорлой колбе, помещенной в термостат, что обеспечивало постоянство заданных температурных параметров. Последовательность операций синтеза была следующей: в реакционный сосуд заливали расчетное количество гексафторкремниевой кислоты, взятой с избытком против стехиометрического количества. При постоянном перемешивании в кислоту в один прием вводили цинксодержащий компонент. Синтез гексафторсиликата цинка осуществлялся в постоянном гидродинамическом режиме в широком диапазоне температур и при различных соотношениях компонентов в системе. Полученную суспензию разделяли фильтрованием, после чего фильтрат упаривали на водяной бане. Кристаллический продукт подвергали сушке в сушильном шкафу при темпера-

УДК 69.057:691.54-41(043.3)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ СТЕН ИЗ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ЖУК
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь налажено производство элементов несъемной опалубки с применением цементно-стружечных плит (ЦСП) по технологии австрийской фирмы VST Grup.

Сущность этой технологии заключается в том, что в качестве опалубки используются ЦСП, раскроенные и скрепленные специальными металлическими замками в заводских условиях и смонтированные на строительной площадке, в промежуточное пространство которых подается самоуплотняющийся бетон, образующий вместе с арматурными изделиями, установленными до соединения замков, и несъемной опалубкой каркас здания.

Наиболее ответственным изделием элементов несъемной опалубки является специальный металлический замок, состоящий из двух профилей L240 (уголок) и одного профиля DS (распорка), изготовленных методом штамповки из тонколистовой стали. С помощью шурупов профили L240 с шагом 450 мм по высоте и 250 мм по ширине крепятся к цементно-стружечным плитам. После установки арматурных изделий и проверки комплектности обеих частей опалубки на специальном стенде производится процесс соединения замков.

С целью оценки несущей способности испытаниям кратковременной нагрузкой на растяжение (моделирование распорного действия бетонной смеси на щит опалубки) были подвергнуты фрагменты несъемной опалубки, изготовленные из двух цементно-стружечных плит размерами $b x l x \delta$=250x450x24 мм, соединенных между собой одним замком.

Испытания проводились на разрывной машине с максимальной нагрузкой по шкале силоизмерителя до 20 кН. Скорость движения захвата обеспечивала разрушение испытываемого образца за 1–3 мин.

При испытании трех образцов фрагментов несъемной опалубки стен на растяжение средняя величина разрушающей нагрузки составила 5,3 кН.

Характер разрушения образцов неодинаковый – в одном образце произошло раскрытие металлического замка (рис. 1, а), в двух образцах – выдергивание крепежных шурупов из ЦСП (рис. 1, б).

Такое разделение необходимо для оценки степени влияния каждого рассматриваемого дефекта на эффективность и безопасность использования железобетонных колонн с учетом назначения, устройства и условий эксплуатации.

Для дефектов группы А класс дефекта определяется по величине превышения или занижения (в небезопасную сторону) фактического значения контролируемого параметра X_i по сравнению с его предельным (максимальным или минимальным) значением по формуле

$$\Delta = \frac{X_i - X_{\min(\max)}}{X_{\min(\max)}},$$

где $X_{\min(\max)}$ – предельные значения, определяемые в соответствии с проектной документацией и ТНПА.

При этом: *критическому дефекту* (повреждению) соответствует $\Delta > 40$ %; *значительному дефекту* (повреждению) – $10 < \Delta \leq 40$ %; *малозначительному дефекту* (повреждению) – $\Delta \leq 10$ %.

Определяющим параметром несущей способности железобетонной колонны является размер поперечного сечения, уменьшение которого существенно снижает эксплуатационные качества колонны. В связи с этим, за предельное значение принята величина поперечного сечения железобетонной колонны $X_{\min(\max)}$, а за контролируемый параметр X_i – уменьшение поперечного сечения колонны за счет полученных повреждений (дефектов).

В случае, если дефект или повреждение не имеет нормируемого численного значения (дефект группы Б), отнесение его к определенному классу производится экспертно на основе анализа его последствий.

Для железобетонных колонн определенные совокупности дефектов, каждый из которых при отдельном их рассмотрении являются малозначительными, могут быть эквивалентны значительному или даже критическому дефекту и должны относиться к соответствующей категории.

По степени распространения дефектов по длине железобетонной колонны различают: *единичные дефекты*, занимающие до 10 % длины колонны; *многочисленные дефекты* – от 10 до 40 % длины колонны; *массовые дефекты* – свыше 40 % длины колонны [1].

По результатам предварительного обследования, с учетом выявленных дефектов и повреждений, железобетонная колонна относится к одной из пяти категорий технического состояния [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования. Будынкі і здудаванні. Тэхнічны стан і абслугованне будаўнічых канструкцый і інжынерных сістэм і ацэнка іх прыгоднасці да эксплуатацыі. Асноўныя патрабаванні: ТКП 45-1.04-208-2010. – Введ. 15.07.10. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2011. – 27 с.

2. Бетонные и железобетонные конструкции (с изменениями) : СНБ 5.03.01-02. – Введ. 01.07.03. – Минск :М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2003. – 144 с.

туре 90 °С до постоянной массы. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Табл. 1. Влияние концентрации гексафторкремниевой кислоты на выход гексафторсиликата цинка

Концентрация H_2SiF_6, мас.%	Выход гексафторсиликата цинка, мас.%	Примечание
5	93,9	Выпадение кристаллов $ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$ из его раствора не обнаружено
10	95,1	
15	96,7	
20	97,2	
25	–	Высокая вязкость суспензии. Перемешивание затруднительно. Наблюдается выпадение кристаллов $ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$
30	–	
35	–	
40	–	

Табл. 2. Выход гексафторсиликата цинка в зависимости от режима синтеза

Избыток H_2SiF_6 против стехиометрического количества, мас.%	Выход шестиводногогексафторсиликата цинка (мас.%) при различных температурах синтеза, °С				
	30	50	70	90	110
0	78,6	88,3	93,7	90,4	87,1
2	82,4	89,5	97,2	93,3	88,2
4	83,6	90,7	97,6	92,8	88,5
6	83,8	91,9	97,7	93,0	90,3

Таким образом, в результате проведенных исследований оптимизирован режим синтеза гексафторсиликата цинка. Установлено, что оптимальными параметрами синтеза являются: концентрация гексафторкремниевой кислоты – 18–22 %; избыток гексафторкремниевой кислоты против стехиометрического количества – 3,0–5,0%; температура синтеза – 70–80 ºС; время синтеза – 30–40 мин. Рентгенографический анализ образца, полученного по оптимальному режиму, показал, что основной фазой является $ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Трахимчик, О. Е.** Повышение эксплуатационных свойств бетона обработкой растворами на основе гексафторсиликата магния : дис. … канд. техн. наук : 05.17.11; 05.17.01 / О. Е. Трахимчик. – Минск, 2006. – 261 с.

2. **Хотянович, О. Е.** Флюатирование – эффективный способ повышения эксплуатационных свойств бетона / О. Е. Хотянович, М. И. Кузьменков // Строительная наука и техника. – 2011. – № 4 (37).– С. 21–24.

УДК 678.4.04

ПОЛИМЕРНЫЕ ДИЕНОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ С УГЛЕРОДНЫМ НАНОМАТЕРИАЛОМ

Ж. С. ШАШОК, К. В. ВИШНЕВСКИЙ, А. О. ДУРАС
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Требования к качеству резиновых изделий постоянно повышаются, что обуславливает интерес к разработке различных методов улучшения свойств резин. Введение активных наноразмерных добавок в эластомерные композиции является одним из перспективных направлений по повышению технических свойств вулканизатов.

Цель работы – исследовать влияние углеродного наноматериала (УНМ), представляющего собой углеродные нанотрубки, на упруго-прочностные свойства эластомерных композиций на основе изопреновых и бутадиеновых каучуков. УНМ был получен путем каталитического синтеза углеродных нанотрубок в псевдоожиженном слое, поэтому в его состав входят металлы (алюминий, железо, кобальт, медь, цинк), которые находятся в связанном состоянии, а также незначительное количество кремния.

В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции на основе натурального каучука (НК) и комбинации натурального и синтетического дивинилового каучуков (СКД). Состав резиновых смесей различался полимерной основой, природой и содержанием наполнителя. Добавка вводилась в дозировке от 0,1 до 1,0 масс.ч. на 100,0 масс. ч. каучука.

В результате исследований выявлено, что введение нанодобавки во всех дозировках в эластомерные композиции на основе натурального каучука приводит к незначительному (в пределах погрешности допустимых ГОСТ на испытания) изменению условной прочности при растяжении. В тоже время значение показателя относительного удлинения при разрыве повышается на 20 % по сравнению с образцом без добавки. Для вулканизатов на основе комбинации НК и СКД при введении добавки наблюдается увеличение до 14 % условной прочности при растяжении, а эластические свойства практически не изменяются.

Таким образом, на основании полученных данных выявлено, что изменение упруго-прочностных свойств резин на основе каучуков общего назначения зависит, прежде всего, от основного наполнителя, входящего в состав эластомерных композиций. Такой характер зависимостей, вероятно, обусловлен особенностями взаимодействия поверхности наполнителя с углероднымнаноматериалом.

УДК 69.059

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

С. В. ДАНИЛОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Термин «*дефект*» применяют при контроле *показателей качества* железобетонной колонны на стадии изготовления, а также в процессе эксплуатации и восстановления (при дефектизации, составлении ведомостей дефектов и контроле качества восстановленных колонн). Дефекты железобетонных колонн делят на *явные* и *скрытые*.

Многие явные дефекты выявляют при внешнем осмотре железобетонных колонн (визуально). Скрытые дефекты, как правило, выявляют при эксплуатации железобетонных колонн, или при дополнительных, ранее не предусмотренных проверках в связи с обнаружением других (явных) дефектов.

При оценке качества железобетонных колонн дефекты подразделяют на группу А и группу Б [1].

Группа А – дефекты, которые характеризуют показатели качества, имеющие нормируемые численные значения (*конструктивные дефекты*).

Группа Б – дефекты, связанные с нарушением технологии изготовления колонн, или повреждения, не имеющие нормируемых численных значений (*производственный дефект*).

Если, по меньшей мере, один из показателей качества или параметров вышел за предельное значение или не выполняется (не удовлетворяется) одно из требований нормативной документации к признакам качества продукции то это означает, что железобетонная колонна имеет дефект.

Железобетонные колонны изготовляют, как правило, из конструкционных бетонов, показателями качества которых являются требования по их физико-механическим характеристикам [2]. Отклонения этих показателей качества от нормативных представляют собой *производственные дефекты* (группа Б) и устанавливаются лабораторными испытаниями с помощью соответствующих методик, инструментов и приборов.

Эксплуатационными показателями качества железобетонных колонн являются: требования по предельным отклонениям колонн при их монтаже; требования к точности изготовления колонн; требования к качеству поверхности и внешнему виду колонн. Эта группа показателей качества относится к *конструктивным дефектам* (группа А) и устанавливается при обследовании визуально с использованием простейших средств измерений.

Конструктивные дефекты (группа А) являются следствием *производственных дефектов* (группа Б).

Все возможные дефекты железобетонных колонн делятся на: *критические* (1 класс); *значительные* (2 класс); *малозначительные* (3 класс) [1].

Исходя из определения рентабельности в строительстве, можно сказать, что чем выше рентабельность строительных организаций, тем чаще они будут участвовать в тендерных торгах и тем больше будут иметь выполнение объемов подрядных работ.

Инвестиции в строительстве – это те финансовые средства, которые выделяются инвесторами и заказчиками под строительство новых объектов.

Таким образом, рассмотрев сущность каждого из выделенных факторов определим их степень влияния на функцию отклика – объемы выполненных подрядных работ, для этого используем данные статистической отчетности по строительной отрасли за период с 2000…2012 гг.:

– объем инвестиций в строительство – x1;

– численность работников, занятых в строительстве – x2;

– рентабельность строительных организаций – x3;

– степень износа основных фондов в строительстве – x4.

Выявление взаимосвязей будем производить методами корреляционно-регрессионного анализа.

По результатам проведенных математических преобразований получилось уравнение, представляющее линейную зависимость исследуемой функции от фактора x1 – объема инвестиций. Причем это влияние самое сильное и другие факторы были исключены.

Таким образом, следует вывод, что чем выше уровень инвестиций в строительстве, тем больше будут объемы выполненных подрядных работ.

Это подтверждается фактическими данными статистической отчетности за рассматриваемый период, когда увеличиваются инвестиции происходит постоянный рост объемов подрядных работ (рис.1).

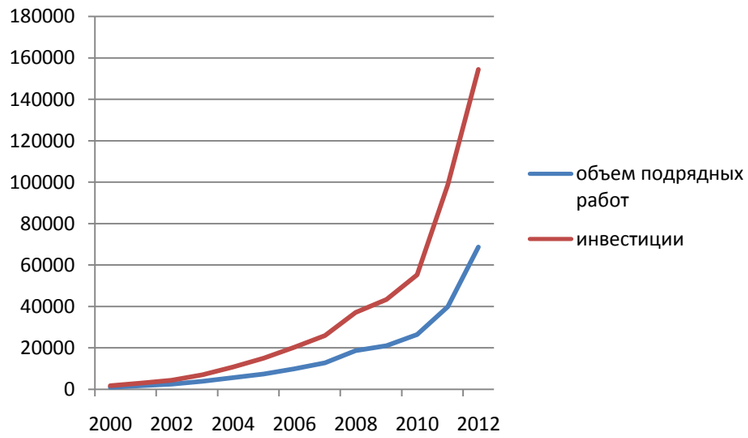


Рис. 1. Графики выполненных подрядных работ и инвестиций в основной капитал строительства за 2000…2012 гг.

УДК 678.4.04

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛЯРНЫХ КАУЧУКОВ С УГЛЕРОДНЫМ НАНОМАТЕРИАЛОМ

Ж. С. ШАШОК, К. В. ВИШНЕВСКИЙ, А. В. ЛЕШКЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Использование в эластомерных композициях новых добавок, введенных в небольших количествах и позволяющих улучшить технологические и технические свойства резиновых смесей и резин, является перспективным направлением в развитии резиновой промышленности.

Целью работы являлось определение влияния углеродного наноматериала на технологические свойства эластомерных композиций, определяющих особенности переработки резиновых смесей.

Объектами исследования были композиции на основе полярных бутадиен-нитрильных каучуков, предназначенные для изготовления формовых резинотехнических изделий. Резиновые смеси различались типом эластомерной матрицы, составом вулканизующей системы, маркой и содержанием наполнителя. Используемая добавка представляла собой структурированный углеродный наноматериал, который производится по низкотемпературной технологии расщепления природного графита и представляет собой пористую массу. Добавка вводилась в дозировках 0,50, 0,75 и 1,00 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука.

Результаты исследований показали, что введение добавки в дозировках до 0,75 мас. ч. приводит к снижению до 10% вязкости по Муни резиновых смесей по сравнению с образцами, не содержащими углеродный наноматериал. Следует отметить, что значительное влияние на характер изменения вязкости оказывает дозировка пластификатора и марка наполнителя.

Полученные данные о кинетике вулканизации резиновых смесей свидетельствуют о взаимодействии добавки с компонентами вулканизующей системы и ее влиянии на процесс образования пространственной сетки вулканизата. При этом выявлено, что наиболее значительные изменения параметров кинетики вулканизации наблюдаются для резиновой смеси, содержащей наполнитель меньшей дисперсности.

Таким образом, анализ полученных данных показал, что введение углеродного наноматериала в определенной дозировке в эластомерные композиции на основе полярных каучуков способствует улучшению технологических свойств резиновых смесей, что, вероятно, определяется характером взаимодействия добавки с полимерной основой и компонентами смеси.

УДК 621.914.2:669

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕЙ ОКСИДНО-КАРБИДНОЙ КЕРАМИКИ

В. М. ШЕМЕНКОВ, Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *А. Л. ШЕМЕНКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «КРАСНЫЙ МЕТАЛЛИСТ»
Могилев, Беларусь

В последнее время, как за рубежом, так и в отечественной практике металлообработки, вследствие постоянного роста скоростей обработки, все большее применение находит режущая керамика. Одним из ярких представителей этой группы является оксидно-карбидная керамика ВОК-60, состоящая из Al_2O_3 и TiC.

Учитывая определяющую роль поверхностного слоя в обеспечении износостойкости режущих инструментов, в настоящее время большое внимание уделяется разработке, развитию и совершенствованию различных методов модифицирования, к которым относится и обработка тлеющим разрядом. Данная обработка обеспечивает формирование уникальных структурно-фазовых состояний в приповерхностных слоях, а также широкий масштаб модификации структуры.

Установлено, что при воздействии тлеющего разряда на рабочие поверхности пластин из оксидно-карбидной керамики приводит к повышению их износостойкости в 1,5 – 2,5 раза. В связи с этим большой интерес представляет выявление протекающих структурно-фазовых превращений в поверхностных слоях в процессе их модифицирующей обработки, которые могут влиять на износостойкость керамики.

На основании металлографических и микрорентгеноспектральных исследований, установлено, что в процессе обработки за счет ионной бомбардировки формируется блочно-фрагментированная структура карбидной фазы, а за счет радиационно-ускоренной диффузии происходит объемное и граничное перераспределение углерода.

На основании рентгеноструктурных исследований установлено, что обработка приводит к формированию твердого раствора карбида алюминия Al_4C_3, имеющего гексагональную кристаллическую решетку.

Кроме этого, обработка приводит к изменению параметров кристаллической решетки карбида титана. Изменение может быть вызвано образованием твердого раствора внедрения азота в подрешетку углерода, что, в свою очередь, вызывает изменение напряженного состояния карбида титана.

Что касается оксида алюминия, то обработка не оказывает на него существенного влияния.

УДК 629

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. В. ГОЛУШКОВА, Д. С. ТАРАСЕНКО, М. В. МИНЧЕНЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Строительный комплекс выполняет особую роль в функционировании экономики нашей страны, поскольку:

– создает материальную основу деятельности всех ее отраслей, т. е. обеспечивает народнохозяйственный комплекс пассивной частью основных производственных фондов;

– определяет облик страны на длительный период и формирует среду жизнедеятельности населения;

– строительство является крупнейшим потребителем продукции других отраслей национальной экономики.

Эффективная работа строительной отрасли складывается из выполненных за определенный период объемов строительно-монтажных работ, выпущенной продукции предприятиями промышленности, строительных материалов и произведенных проектных и изыскательских работ. В общем виде работу отрасли можно характеризовать объемом выполненных подрядных работ.

Объем подрядных работ зависит от объема инвестиций в строительство, численности работников, занятых в строительстве, рентабельности строительных организаций и степени износа основных фондов в строительстве.

Численность персонала тесно связана с планированием и выполнением объемов производства, т. к. она напрямую определяет производительность труда и соответственно способствует увеличению объемов производства при своей оптимальной величине.

Говоря об основных фондах в строительстве, мы подразумеваем активную их часть – машины и механизмы, передаточные устройства. В условиях быстрого технического прогресса происходит постоянное совершенствование техники, создаются новые, более высокопроизводительные виды механизмов и аппаратов, заменяющих старую технику. При этом степень износа машин и механизмов будет оказывать обратно пропорциональное воздействие на производительность труда в строительстве и объемы выполненных работ.

Показатель рентабельности отражает эффективность затрат строительных организаций на материально-технические, трудовые и финансовые ресурсы.

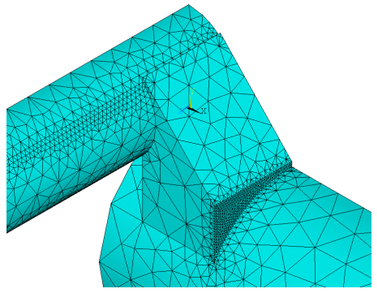


Рис. 1. Наложение сетки конечных элементов на сварную конструкцию

Серия расчетов проводилась для случаев соединения различных диаметров стержней. Принципиальная схема распределения напряжений была одинакова во всех случаях. Различия наблюдались лишь в значении напряжений. Более ясная картина возникающих напряжений проявляется при детальном анализе сварного шва (рис. 2).

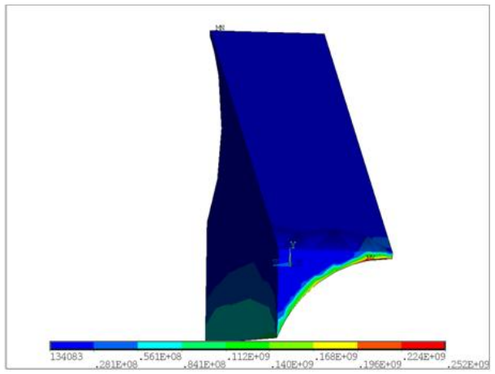


Рис. 2. Поля эквивалентных напряжений в сварном шве от действия нагрузок

Из модели видно, что напряжения, возникающие при действии нагрузок, практически отсутствуют. Максимальные напряжения возникают в зоне контакта сварного шва и арматуры с наименьшей площадью соприкосновения.

Аналогичным образом были сгенерированы конечно-элементные модели с различными диаметрами поперечной арматуры крестообразного соединения – 4, 6, 8, 10 мм. Во всех случаях максимальные напряжения возникали в месте сварки с наименьшей площадью сечения.

Расчет подтвердил ранее экспериментально выявленный факт разрыва по арматуре в зоне сварного шва с наименьшей площадью соприкосновения. При дуговой сварке оси арматурных стержней не пересекаются. Поэтому, по сравнению с контактно-точечной сваркой, происходит рост напряжений, обусловленный несимметричностью сечения в месте соединения стержней. Анализ полученных эквивалентных напряжений в узлах и деталях конструкции сварного шва показал, что для рассмотренных условий нагружения, они не превышали допустимых для всех диаметров.

УДК 667

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ АЛКИДНЫЕ ГРУНТОВКИ НА ОСНОВЕ ФОСФАТНЫХ ПИГМЕНТОВ

А. Л. ШУТОВА, А. И. ГЛОБА, Н. Р. ПРОКОПЧУК, Е. И. ВИНГЛИНСКАЯ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Актуальной задачей современной лакокрасочной промышленности является расширение ассортимента, снижение себестоимости и повышение качества защитных покрытий путем применения новых видов пигментов на основе недефицитных материалов для защиты металлических поверхностей от коррозии. В связи с этим целью данного исследования являлась оценка возможности применения новых синтезированных соединений, относящихся к классу фосфатов, в качестве антикоррозионных пигментов в алкидных грунтовках.

В качестве пигментов исследовали следующие соединения: $CoO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$; $NiO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$; пигмент на основе фторапатита; пигмент на основе гальванического шлама ОАО «Атлант»; пигмент на основе фосфата кобальта и оксида цинка (40:60); пигмент на основе фосфата железа и оксида цинка (40:60).

Были изучены технико-физические свойства (маслоемкость, содержание водорастворимых веществ, pH водной вытяжки) синтезированных соединений. На основе базовых рецептур [1] изготовлены грунтовочные составы, в которых пигментная часть полностью заменена на исследуемые пигменты, что позволило определить их непосредственное влияние на защитные свойства грунтовочных покрытий. В качестве пленкообразователя использовали алкидно-стирольный олигомер «Хим-Алкид 40/60» (ТУ У 24.1-13395997-014:2006).

Пигментированные композиции получали диспергированием композиции на лабораторном диссольвере DISPERMAT®CA с использованием циркониевого бисера со скоростью вращения мешалки 3800–4000 об/мин. Покрытия получали методом пневмораспыления на металлических и стеклянных подложках. Отверждение покрытий осуществляли в естественных условиях, фиксируя время высыхания до степени 3 (ГОСТ 19007). Через 2 суток после нанесения определяли укрывистость (ГОСТ 8784), физико-механические свойства покрытий (твердость по маятниковому прибору типа ТМЛ маятник А (ГОСТ 5233), прочность при ударе (ГОСТ 4765), адгезия (ГОСТ 15140), эластичность при изгибе (ГОСТ 6806)), через 10 суток – стойкость к статическому воздействию агрессивных сред по ГОСТ 9.403.

При диспергировании грунтовок в течение продолжительного времени не во всех случаях удалось достигнуть степени перетира 35 мкм, что, вероятно, связано с тем, что размер первичных частиц этих пигментов значительно больше, а в процессе диспергирования происходит только разрушение агломератов, при

сохранении размеров первичных частиц. Также грунтовки с пигментной частью из $CoO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$, $NiO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$, пигмента на основе фторапатита и пигмента на основе гальванического шлама ОАО «Атлант» характеризуются очень плохой укрывистостью, что негативно отразилось на физико-механических характеристиках покрытий, толщина которых была значительно больше 20 мкм (наносили несколько слоев грунтовки до достижения укрывистости или приближения к этому состоянию).

Низкую твердость покрытий (0,22–0,29 отн. ед.) и недостаточные защитные свойства можно объяснить снижением скорости окислительной полимеризации в толстых покрытиях (>100 мкм, при требуемых 20 мкм), а следовательно, и снижением степени отверждения. Пониженная твердость и остаточное содержание растворителей в покрытии привело к уменьшению ударной прочности до 40–60 см (в месте удара образовывалось «смятие» покрытия).

Использование в грунтовке пигмента $CoO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$ и $NiO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$ привело к снижению водостойкости более чем в 5 раз по сравнению с грунтовкой базовой рецептуры, но в тоже время немного повысилась кислотостойкость особенно для покрытий на основе $CoO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}P_2O_5$. Повышение кислотостойкости можно объяснить высоким значением pH этих пигментов (11,3) и увеличение их количества в покрытии.

В результате исследований установлено, что из всех исследуемых синтезированных пигментов, только пигмент на основе фосфата железа и оксида цинка (40:60) может использоваться в ЛКМ самостоятельно, без дополнительных промышленных пигментов и наполнителей, т.к. покрытия на его основе характеризуются хорошей укрывистостью (51,1 г/м^2), высокими физико-механическими (твердость – 0,29 отн. ед.; прочность при ударе – 50 см; эластичность при изгибе – 1 мм; адгезия – 1 балл) и неплохими защитными (стойкость покрытия при (20±0,2)°С к статическому воздействию воды – 2 сут.; 0,5 % р-ра HCl – 2 сут.; 3 % р-ра NaCl – 2 сут.) свойствами. Но необходимо учесть и экономический фактор (стоимость), т. к. в грунтовках массовая доля пигментов довольно большая. Остальные пигменты, несмотря на то, что позволяют достичь хороших свойств покрытий в смеси с другими пигментами и наполнителями, самостоятельно применять нельзя из-за резкого ухудшения свойств покрытий на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка защитных свойств покрытий наполненных глифталевых композиций электрохимическими методами / А. Л. Шутова [и др.] // Труды БГТУ. – 2011. – № 4. Химия, технология орган. вещ. и биотехнология. – С. 43–49.

2. **Прокопчук, Н. Р**. Особенности применения новых пигментов в алкидных антикоррозионных грунтовках / Н. Р. Прокопчук, А. Л. Шутова, А. И. Глоба // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: материалы 3-го респ. науч.-техн. семинара, Минск 5–6 дек. 2013 г. / БГТУ; редкол. Жарский И. М. [и др.]. – Минск , 2013. – С. 111–115.

УДК 693.554:621.791:004.414.23

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРНОГО КРЕСТООБРАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

В. В. ВРУБЛЕВСКАЯ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Для выяснения причин разрушения крестообразного сварного соединения из арматуры малых диаметров в процессе нагружения была создана конечно-элементная модель конструкции средствами комплекса ANSYS. Вначале производился ввод данных для построения геометрии математической модели, задание механических и физических свойств материалов, задание начальных, граничных условий и нагрузки. Затем производился расчет с определенным приращением нагрузки. По достижении соединения предельных напряжений расчет останавливался и производился вывод данных.

Рассматриваемая система состояла из двух взаимно перпендикулярных стержней длиной 10 см, соединенных сваркой в середине. Наибольшего внимания заслуживало напряженно-деформированное состояние в зоне швов. Конструкция сварного шва симметричная. Система имела две плоскости симметрии, таким образом, расчеты проводились для одной четвертой системы.

Моделирование проводилось в упругой постановке, задавались параметры материала модели – модуль упругости и коэффициент Пуассона. Соединение арматуры происходило в одной точке. Точка была разбита на 8 объемов. Общее количество объемов составляло 36. Объемы были разбиты на конечные элементы с помощью тетраэдальных квадратичных 10-узловых конечных элементов Solid 187, имеющих 3 степени свободы в каждом узле.

В диапазоне допустимых нагрузок не должна происходить общая или местная потеря устойчивости. В качестве нагрузки прикладывалось равномерно распределенное давление. Распределение перемещений, напряжений и деформаций по конечному элементу – квадратичное. Общий вид конечно-элементной модели конструкции сварного крестообразного соединения состоял из 38 тыс. элементов. Количество уравнений составляло 150 тыс. Граничные условия – симметрия на плоскостях симметрии, закрепление одной точки по оси Y.

На рис. 1. представлена сетчатая модель конечных элементов, использованная для моделирования. Элементы сетки более плотные поблизости от центра оси шва, в то время как по мере удаления от зоны сварного шва ячейки более крупные. Окрестность сварного шва разбивалась конечными элементами размером не более 0,02 мм, сварной шов – не более 0,2 мм, остальные площади модели (арматура) – 2 мм.

Повышение прочностных характеристик ячеистого бетона с торфяной золой обусловлено изменением состава и структуры продуктов его твердения, так как минералогический состав золы позволяет предположить значительное изменение физико-химических процессов, лежащих в основе гидросиликатного твердения и формирования структуры межпоровых перегородок.

На рентгенограмме образца бетона с использованием торфяной золы отмечается значительное снижение интенсивности дифракционных отражений β-SiO_2 (d = 0,334; 0,228 нм), что обусловлено не только частичной заменой известково-песчаного вяжущего, но и свидетельствует о большей степени усвоения кварца за счет интенсификации физико-химических процессов, характерных для этой вяжущей системы. В результате этого формируются продукты твердения, представленные в основном тоберморитом(d = 0,339; 0,304; 0,294; 0,223; 0,206; 0,198; 0,174; 0,165; 0,162; 0,157; 0,152; 0,138 нм), гидросиликатами кальция группы CSH(I) (d = 0,386; 0,330; 0,304; 0,277; 0,250; 0,192; 0,187 нм) и гидроалюмосиликатом кальция $CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}2SiO_2{\cdot}4H_2O$ (d = 0,427; 0,304; 0,198; 0,182;0,160 нм).

Исследование поровой структуры бетона показало, что структура контрольного образца характеризуется наличием пор диаметром 0,35–0,75 мм, а также отдельных деформированных пор, сообщающихся между собой и существенно искажающих геометрию межпоровых перегородок. При этом межпоровые перегородки толщиной 0,2–0,4 мм содержат большое количество мелких пор диаметром 0,15–0,17 мм, что снижает монолитность цементирующего вещества и прочность бетона. Бетон с использованием торфяной золы отличается более равномерной структурой с размером пор 0,6–0,8 мм преимущественно овальной и округлой форм с более тонкими (0,15–0,20 мм) и плотными межпоровыми перегородками. Это является предпосылкой для повышенной прочности материала.

Таким образом, исследование процессов гидратации и твердения ячеистого бетона показало их значительное ускорение и качественное изменение в присутствии активных компонентов торфяной золы. Следствием этого является снижение основности гидросиликатов кальция, большая степень их закристаллизованности, образование кристаллогидратов, не характерных для контрольного состава, что способствует формированию пространственной кристаллической матрицы и повышению, в связи с этим, прочности структуры бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барановская, Е. И.** Автоклавный ячеистый бетон повышенной прочности с модифицированной структурой продуктов гидросиликатного твердения: автореф. дис. … канд. техн. наук. – Минск : 2013. – 25 с.

УДК 666.973:691.327.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИКОВЫХ ОКОН ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ю. А. ЩЕПОЧКИНА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
Иваново, Россия

В последние десятилетия активно развивается производство пластиковых окон, пользующихся большим потребительским спросом. Массовое производство окон связано с образованием значительного количества отходов – поливинилхлоридной стружки (рис. 1), образующейся при обработке заготовок.

Рис. 1. Общий вид стружки

Одним из направлений утилизации этого отхода может быть ее использование в качестве армирующего материала при изготовлении гипсовых изделий.

Был изготовлен ряд стандартных образцов-балочек (160×40×40 мм) на основе сырьевой смеси, включающей, мас. ч.: алебастр 100; стружка 1–10; вода 50–60. Наиболее эффективно использование состава, мас. ч.: алебастр 100; стружка 1–2; вода 55–60. Стружка прочно (адгезия не менее 1 МПа) сцепляется с затвердевшим алебастром, приведенный выше состав обеспечивает получение изделий с плотностью 1300–1370 кг/м^3. Введение стружки в количестве более 10 мас. ч. нецелесообразно. Стружка не требует предварительной подготовки. Компоненты дозировали в требуемых количествах. Стружку смешивали с алебастром, высыпали в емкость с водой и перемешивали в течение 1–3 мин. Готовую сырьевую смесь укладывали в металлические, предварительно смазанные минеральным маслом формы, и оставляли до затвердевания. Готовые образцы-балочки извлекали из форм.

Проведенные исследования дают основание считать, что гипсовые изделия (плиты, блоки), армированные стружкой, могут быть рекомендованы к использованию в строительстве. При этом решается экологическая проблема по утилизации отходов.

УДК 621.791

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРЦЕВОЙ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА

Т. И. БЕНДИК, В. В. ДЕСЯТНИК, *Ю. В. КЛЕПЧУКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*СЗАО «МОГИЛЕВСКИЙ ВАГОНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»
Могилев, Беларусь

Четырехосный универсальный полувагон грузоподъёмностью 69,5 т предназначен для перевозки грузов, не требующих укрытия от атмосферных осадков, насыпных (непылевидных) и перевозимых навалом, а также штучных или штабельных с соответствующим креплением.

Конструкция торцевой стены полувагона представляет собой прямоугольный лист обшивки, подкрепленный системой несущих элементов, который соединяется с вертикальным листом лобовой балки при помощи двух вертикальных балок.

Для снижения металлоемкости торцевой стены полувагона требуется рассмотреть несколько вариантов расположения несущих балок и возможные варианты замены их профилей, предложить варианты усиления листа обшивки с помощью наплавки твёрдых прослоек.

Для решения поставленной задачи разработана конечно-элементная модель, которая включает лист обшивки торцевой стенки, систему несущих балочных элементов, а также часть боковой стенки и рамы для исключения краевых эффектов возникающих в конечных элементах при расчётах.

В качестве кинетических граничных условий приняты следующие: в узлах расчётной модели, соответствующих сечению хребтовой балки, верхней и нижней обвязкок были введены закрепления от перемещений во всех направлениях; в узлах, соответствующих сечению обшивки боковых стен – закрепления от перемещений вдоль продольной оси вагона.

В соответствии с нормами проектирования установлено два основных расчётных режима I-й (экстремальные нагрузки при трогании состава с места или соударения вагонов при маневрах) и III-й (для нормальной работы вагона в движущемся поезде).

Торцевая стена рассчитывалась на равномерно распределенное давление по всей ее площади: 119,57 кН/м^2 для расчетного режима I и 34,16 кН/м^2 для расчетного режима III.

Расмотрено несколько вариантов расположения несущих балок и предложена замена стандартных омега – профилей на швеллер с размерами 200x160x8 (рис. 1). Укрепление обшивки стенки предложено осуществить за счет наплавки на поверхность листа материала с пределом текучести в два раза превышающим основной металл.

УДК 666.973.6:666.972.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНОЙ ЗОЛЫ В СОСТАВЕ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Е. И. БАРАНОВСКАЯ, А. А. МЕЧАЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Учитывая высокую долю дорогостоящих энергоемких компонентов в ячеистобетонной смеси (извести и цемента), использование техногенных отходов, позволяющих частично либо полностью их заменить, на сегодняшний день является достаточно перспективным направлением в производстве автоклавного ячеистого бетона. Среди такого рода сырья обращает на себя внимание зола от сжигания торфа. С целью импортозамещения топливно-энергетических ресурсов в Беларуси разработана и утверждена Государственная программа «Торф». Запасы торфяных месторождений оцениваются в 4,4 млрд т. Извлекаемые при разработке месторождений запасы оцениваются в 100–130 млн т. Государственной программой предусмотрена модернизация торфяной отрасли с прогнозируемым увеличением добычи торфа топливной группы к 2020 г. до 1,5 млн т условного топлива в год, в связи с чем неизбежно возникнет задача утилизации золы от сжигания данного вида топлива. Одним из способов ее решения является использование данного отхода в составе ячеистобетонных смесей.

Таким образом, целью настоящей работы явилась разработка составов ячеистого бетона с улучшенными физико-механическими и теплофизическими характеристиками за счет целенаправленного изменения состава продуктов его твердения при использовании торфяной золы.

Результаты анализа химического и минералогического состава торфяной золы позволили установить возможность ее использования в качестве компонента ячеистобетонной смеси. Химический состав золы, являющийся достаточно стабильным при получении ее в результате сжигания торфа одного месторождения, включал, мас. %: SiO_2 – 18,33; CaO – 31,07; Al_2O_3 – 4,15; Fe_2O_3 – 29,45; MgO – 2,44; K_2O – 1,16; SO_3 – 6,22; P_2O_5 – 5,95; CuO – 0,67; ZnO – 0,56.

Рентгенофазовый анализ золы показал преимущественное содержание β-кварца, феррита кальция CaO Fe_2O_3, двухкальциевого алюмината 2CaO Al_2O_3, микроклина K_2O Al_2O_3 $6SiO_2$, магнетита Fe_3O_4, пирофосфата кальция 2CaO P_2O_5и сульфида железа FeS. Пуццолановая активность составляла 30–32 мг CaO на 1 г золы. Установлено, что при введении в ячеистобетонную смесь торфяной золы взамен 5–10 мас. % известково-песчаного вяжущего прочность бетона на сжатие может быть увеличена в 1,2–1,5 раза [1].

6 ноября было открыто реверсивное регулируемое движение по правой неремонтируемой полосе моста. Однако через несколько дней движение по мосту было приостановлено в связи с возникновением изменений в отремонтированных элементах конструкции моста. Введены ограничения по грузоподъемности и скоростному режиму.

Согласно перспективному плану окончание работ по ремонту моста – февраль 2015 г. Закрытие моста значительно затруднило движение транспорта внутри города и ухудшило экологическую ситуацию в зоне мостового сооружения, особенно в часы «пик», так как транспорт вынужден находиться в режиме ожидания с включенными двигателями.

Рис. 1. Наклон опорной части первой опоры

Обследования технического состояния и условий эксплуатации мостового сооружения проводились авторами в течение трех месяцев с сентября по ноябрь 2013 г., как независимая экспертиза. Путем экспертной оценки видов отказов по отдельным конструкциям и их влияния на надежность и безопасность сооружения в целом составлена схема взаимодействия отдельных элементов в процессе эксплуатации моста, выявлены наиболее значимые виды отказов и характер их взаимодействия по схемной надежности. Предлагается представить результаты исследований на рассмотрение ремонтной организации.

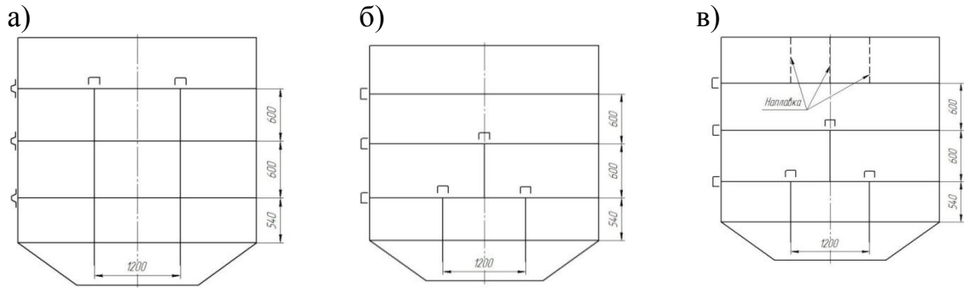


Рис. 1. Расположение несущих элементов торцевых стен: а – исходная конструкция; б – базовая конструкция; в – проектируемая конструкция

Сравнительный анализ расчетных напряжений (рис. 2) показал, что проектируемая конструкция торцевой стены удовлетворяет нормативным требованиям как по III расчётному режиму, так и в режиме работы I

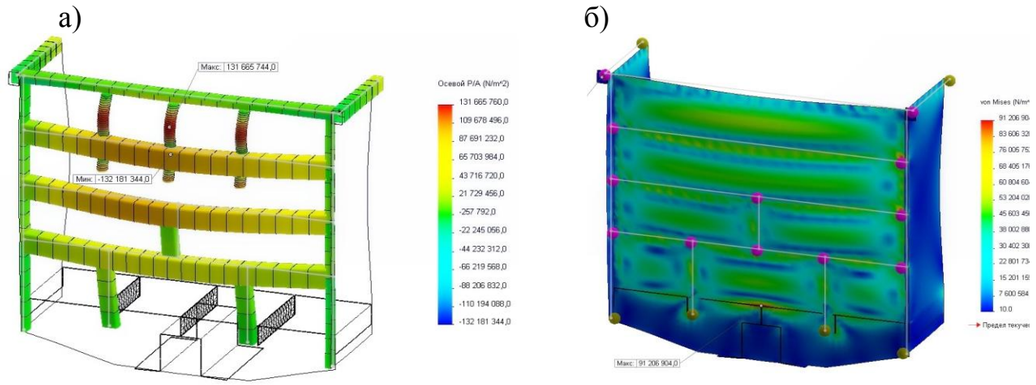


Рис. 2. Распределение напряжений (МПа) в несущих балках (а) и листе обшивки (б) торцевой стены полувагона для расчетного режима III

Таким образом, результаты исследований позволили снизить металлоемкость торцевой стены полувагона за счет рационального расположения несущих балок, замены профилей и усиления оболочки с помощью искусственно созданных наплавкой твёрдых прослоек.

УДК 621.791

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

С. В. БОЛОТОВ, А. М. БЕЛЯГОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТ»
Могилев, Беларусь

Согласно ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» сварочное оборудование подлежит обязательному подтверждению соответствия в форме сертификации или декларирования. Для проведения испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 60974-1-2004 «Источники питания для дуговой сварки. Требования безопасности» разработана специальная установка, позволяющая осуществлять следующие виды испытаний:

– номинальное напряжение холостого хода;
– номинальный, минимальный и максимальный сварочный ток;
– термические требования;
– термическая защита.

Испытуемое оборудование для дуговой сварки подключается через щиток силовой с аппаратами защиты. Фазные напряжения питания, мощность и токи нагрузки контролируются трёхфазным счётчиком активной электрической энергии CE301BYR33 043 JAZc классом точности 0.5 s и диапазоном измерений напряжений 172,5 В ÷ 264,5 В.

Для измерения пиковых значений напряжения применяется вольтметр В7-58 с дополнительной схемой для определения максимального пикового значения напряжения. Диапазон измерений вольтметра 0÷+200 В, погрешность Δ = 0,15 %.

Измерение минимального, номинального и максимального сварочного тока производится датчиком тока LT 500-T с вольтметром В7-58 в режиме измерения тока. Диапазон измерений тока 0÷±500 А, погрешность Δ = 0,15 %. В качестве стандартной нагрузки применяются балластные реостаты РБ-306 У2.

Для проверки соответствия термическим требованиям используются преобразователи термоэлектрические ТХА(К)-1199, подключаемые к измерителю-регулятору «СОСНА-002». Диапазон измерения температуры -40÷+800 ^{o}С, погрешность измерения Δ = 1 %.

Для измерения температуры окружающего воздуха три термоэлектрических преобразователя располагают вокруг источника питания для дуговой сварки на стойках, примерно на половине высоты источника и на расстоянии 1–2 м от его поверхности. Устройства защищают от циркуляции воздуха. Среднее значение показаний, измеренных через равные интервалы в течение

УДК 624.21

СОСТОЯНИЕ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ДНЕПР ПО ПРОСПЕКТУ ШМИДТА В г. МОГИЛЕВЕ

О. В. АЛЕКСЕЕВА, Л. И. БЕЛОУСОВ, В. Д. ЗАЙЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Мост через реку Днепр по проспекту Шмидта был построен в Могилеве в 1967 г. в связи со строительством в городе предприятия союзного значения химического комбината «Лавсан». Необходимость строительства моста было вызвано значительным увеличением грузопотока материалов и оборудования на строящийся комбинат. Кроме того, на левом берегу Днепра был возведен большой жилой массив для строителей и работников химкомбината. При этом строительные материалы на строящийся жилой комплекс подвозились в основном через построенный мост. Таким образом, интенсивность грузопотока через данное сооружение значительно возросла. Кроме того, существенное влияние на состояние мостового сооружения оказало наличие поблизости от строения химических предприятий, оказывающих негативное влияние на окружающую среду. В частности, в выбросах завода искусственного волокна им. Куйбышева и желатинового завода содержатся включения сероуглерода, вызывающие увеличение хрупкости металла.

Мостовое сооружение имеет сборную железобетонную конструкцию, рассчитанную на срок службы не менее 60 лет. Однако в связи с нагрузкой на сооружение, значительно превышающей нормативное значение, и неблагоприятными условиями эксплуатации мост пришел в аварийное состояние.

Обследования показали, что в первой опоре произошло отклонение от вертикального положения подмостовых несущих конструкций, деформация шкафной стенки и закрылков, разрушение деформационных швов и частично плит мостового полотна, наблюдаются трещины в дорожном покрытии. В опорах и балках имеют место трещины в бетонном покрытии и частичное оголение арматуры.

Работы по ремонту сооружения велись в течение октября месяца круглосуточно. Было удалено асфальтобетонной покрытие с правой стороны проезжей части моста, частично были заменены плиты, установлены в вертикальное положение и закреплены с помощью домкратов подферменные несущие конструкции первой опоры, заменена шкафная стенка и подкрылки, усилены арматурой и забетонированы береговые опоры, отремонтированы железобетонные элементы пролетных строений и подферменников.

На рис. 1 показано основное разрушения в сооружении, требующем капитального ремонта.

Табл. 1. Результаты определения плотности и вязкости топлив

Содержание ДОТ-4 в дизельном топливе, %	γ, мм^2/с
0,001	4,78
0,002	4,8
0,003	4,9
0,005	5,15
0,01	5,0
Данные по ДОТ-4	17,37

Результаты исследования показывают, что вязкость смесей с добавкой присадки от 0,001 до 0,01 процента к объему топлива находится в пределах 4,78…5,0 мм^2/с, что соответствует стандартным требованиям вязкости зимнего топлива, которая должна находится в пределах 1,8…5,0 мм^2/с. При добавке присадки в количестве 0,02 % вязкость выходила за пределы установленные требованиям ГОСТ 10028-81.

Помутнение топлива ДЛЭЧ и топлив с добавкой от 0,001 % до 0,01 % присадки наблюдалось визуально. Пробирки с топливами находились в морозильной установке в одинаковых условиях и устанавливались одновременно.

Результаты исследований показали, что при температуре минус 8 ^{0}С наблюдалось более сильное помутнение топлива и начало кристаллизации парафиновых углеводородов в микронных размерах, за исключением топлив в пробирках, содержащих соответственно 0,01 и 0,02 % присадки.

При температуре минус 14 ^{0}С началась частичная кристаллизация топлива в пробирках с содержанием присадки от 0,001 до 0,005 % соответственно с некоторым убыванием. Кристаллизации при этой температуре в пробирках с содержанием присадки 0,01 % и 0,02 % не наблюдалось.

При температуре минус 20 ^{0}С количество кристаллов в топливе ДЛЭЧ было более чем в три раза, чем в топливе с присадкой даже в количестве 0,001 %. При этом эти кристаллы более крупные.

Таким образом, в экстремальных условиях, когда нет зимнего дизельного топлива, возможно использовать добавку жидкости ДОТ-4 в качестве присадки к летнему дизельному топливу в пропорциях в зависимости от температуры внешней среды и оставлять на ночь незначительное количество топлива с присадкой в пропорции 0,01 % для запуска двигателя в утренние часы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Трофименко, И. Л.** Исследование возможности использования летнего дизельного топлива с добавками других топлив в условиях низких температур / И. Л. Трофименко, Н. В. Вепринцев // Вестн. ПГУ. Серия В. Прикладные науки. − 2010. – № 6. – 119 с.

последней четверти времени испытания, принимают за температуру окружающего воздуха.

Для измерения температуры обмоток и наружных поверхностей три термоэлектрических преобразователя располагают в точках контроля, где возможна максимальная температура. Рекомендуется определять предсказуемые горячие точки с помощью предварительного контроля.

Сварочный источник питания на соответствие термическим требованиям испытывается при неизменном токе продолжительностью (10,0±0,2) мин для механизированной сварки и (5,0±0,2) мин – при ручной дуговой сварке:

– с номинальным сварочным током при продолжительности нагрузки (ПН) 60 % или 100 %;

– с номинальным максимальным сварочным током и соответствующим ПН.

Испытание нагревом проводится до тех пор, пока скорость повышения температуры на испытуемом элементе не превысит 2 °С/ч за период не менее 60 мин. В течение последних 60 мин испытания на нагрев, должны соблюдаться следующие допуски: напряжение нагрузки – +10…+2 %, сварочный ток – +10…- 2 %; напряжение питания – ±5 %.

Пределы превышения температуры обмоток и наружных поверхностей над температурой окружающей среды в средней точке времени нагрузки последнего цикла не должны превышать значения, приведенные в ГОСТ Р МЭК 60974-1-2004

Термическая защита сети источника питания для сварки должна использоваться, если ПН при номинальном максимальном сварочном токе менее:35% – для падающей характеристики, 60 % – для жесткой характеристики. Термическая защита должна предотвращать перегрев обмоток источников питания для сварки и не должна срабатывать, если источник питания для сварки нагружен максимальным сварочным током при соответствующем номинальном ПН. После этого источник питания перезагружается с целью получения повышенной температуры, необходимой для срабатывания и проверки термозащиты.

Термозащита не должна отключаться автоматически или вручную, пока температура не снизится ниже уровня, предусмотренного для изоляции соответствующего класса. Термозащита должна быть в состоянии функционировать при номинальном максимальном сварочном токе: 100 раз – при ПН = 35 % или выше, 200 раз – при ПН менее 35 %. Проверка проводится соответствующим испытанием – созданием перегрузки путем требуемого количества последовательных прерываний цепи с теми же электрическими характеристиками (особенно током и реактивным сопротивлением), что и в цепи, применяемой в термозащите.

УДК621.83

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОЙ СВАРКЕ

Д. С. ГАЛЮЖИН, А. Э. ЛИПСКИЙ, Р. А. КАЛЕНТИОНОК,
А. В. ДАНИЛКИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Газопламенной сваркой металлов называют процесс, при котором плавление основного и присадочного материалов происходит в пламени открытой горелки. Поддержание пламени горелки осуществляют подачей одного или нескольких горючих газов или жидкостей в смеси с кислородом.

При газопламенной обработке металлов возможно воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов. Основными источниками опасности при газовой сварке и резке могут быть взрывы ацетилено-воздушной смеси при неправильном обращении с ацетиленовыми генераторами, карбидом кальция и горелками, при обратном ударе пламени. Возможны случаи воспламенения клапанов кислородных редукторов при попадании на них следов масел или резком открывании вентиля баллона. Наиболее опасен взрыв кислородного баллона, находящегося под высоким давлением.

При выполнении газопламенных работ необходимо пользоваться специальной одеждой: брезентовым костюмом или хлопчатобумажным костюмом с огнестойкой пропиткой; кожаными ботинками; брезентовыми рукавицами; защитной каской (при работе в монтажных условиях). Для защиты глаз от яркого света пламени, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей используются очки со светофильтрами, плотность которых выбирается в зависимости от мощности сварочного пламени (по расходу ацетилена).

Перед началом газопламенных работ рабочее место должно быть осмотрено, убраны лишние предметы и легковоспламеняющиеся материалы. Во время работы запрещается держать сварочные рукава под мышкой, на плечах или зажимать их ногами. Не допускается перемещение работающего с зажженной горелкой или резаком за пределы рабочего места, а также подъем по трапам и лестницам.

Резиновые рукава должны применяться в соответствии с их назначением. Не допускается использование кислородных рукавов для подачи ацетилена или жидкого горючего. Не допускается использование ацетиленовых рукавов и рукавов жидкого горючего для подачи кислорода. Необходимо систематически проверять герметичность всех раздельных соединений (отдельные участки рукавов, места подсоединения рукавов к оборудованию), аппаратуру и оборудование при помощи мыльного раствора.

УДК 629.113.002

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕТНЕГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ДОБАВКОЙ ДОТ-4 В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

И. Л. ТРОФИМЕНКО, Н. В. ВЕПРИНЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При низких температурах окружающей среды автомобили, работающие на дизельном топливе, используют зимние сорта топлив. При этом смена летнего дизельного топлива на зимнее во многих случаях производится при температуре минус пять градусов. В экстремальных условиях, когда резко снижается температура внешней среды, а в баках имеется летнее топливо и не имеется специальных присадок, водители используют в качестве присадок керосин, бензин [1] или тормозную жидкость ДОТ-4 в качестве необходимой присадки.

Равномерно распределяясь между молекулами растворяемого вещества и образуя с ним водородные связи, тормозная жидкость на гликолевой основе добавленная к дизельному топливу, заметно понижает его температуру помутнения и, соответственно, температуру замерзания.

Однако, до сих пор не известно количественное соотношение присадки ДОТ-4 в дизельное топливо.

С целью возможности использования жидкости ДОТ-4 в качестве присадки к летнему дизельному топливу были проведены исследования с летним дизельным топливом, в которое добавлялась присадка ДОТ-4 (ТУ 2451-032-7414823-2008) в различных количествах.

Определялось влияние присадки на вязкостную характеристику топлива, фракционный состав, температуры помутнения и застывания в зависимости от количества добавленной присадки в топливо.

Перечисленные смеси подвергались исследованию в лаборатории кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» на определение фракционного состава в соответствии с требованиями ГОСТ 2177-82 и международного стандарта ИСО 3405 на автоматизированной холодильной установке, которая изготовлена в соответствии с требованиями ГОСТ 1510-69.

Исследования показали, что фракционный состав летнего дизельного топлива при добавке 0,001 % присадки ДОТ-4 практически не меняется, хотя фракционный состав самой присадки, начиная с температуры 266°, значительно изменяется по отношению с фракционным составом дизельного топлива.

УДК 637*64

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

В. А. СИМАНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, С. Э. БОБРОВСКИЙ,
В. А. БОБРОВИЧ,
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Скоростные качества лесных колесных трелевочных машин наиболее выгодно использовать на переместительных операциях. Трелевочные машины, работающие на заготовке древесины после повала деревьев бензиномоторными пилами, обычно оснащены оборудованием для чокерной трелевки и выпускаются на таких предприятиях как РУП «МТЗ» и ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга». Трелевочное оборудование машин тракторного завода агрегатируется на задней гидравлической навеске с приводом лебедки от вала отбора мощности, а у лесных машин «Амкодор» устанавливается на задней полураме, при этом лебедка приводится от гидромотора, расположенного сбоку. Технологические приемы по сбору пачки деревьев принципиальных отличий не имеют. Составляющие времени на сбор пачки отличаются незначительными разбежками. Наиболее целесообразно формировать пачку из единичных деревьев, особенно при трелевке ели. В этом случае операции по обрезке сучьев возможно осуществлять в одном месте и тем самым формировать технологические валы из обрезанных сучьев. Это преимущество трелевочных машин должно быть использовано при освоении лесосек с низкой несущей способностью грунтов, а также при освоении делянок, разрабатываемых в болотистой местности.

При освоении лесосек на грунтах с низкой несущей способностью нами предлагается производить повал деревьев с целью образования дорожного покрытия с последующей его разборкой при завершении разработки лесосеки. Такие технологические приемы разработки лесосек были опробованы в ОАО «Плещеницлес» и ГЛХУ «Лунинецкий лесхоз». В этом случае трелевочные машины имеют возможность продвигаться по лесосеке в направлении повала деревьев. Освоение лесосек на грунтах с низкой несущей способностью харвестерами затруднено по одной причине. После повала, обрезки сучьев и раскряжевки харвестеры образуют колею, глубина которой становится непреодолимой для работы форвардера.

В связи с этим трелевочные трактора с канато-чокерной оснасткой являются основными транспортными средствами при освоении заболоченных лесосек. Производительность трелевочного трактора ТТР-401 при расстоянии трелевки 220–260 м составляет 36–41 м^3/см при объеме хлыста 0,27–0,30 м^3. Производительность трелевочных тракторов «Амкодор» при указанных эксплуатационных условиях составляет 43–48 м^3.

При кратковременных перерывах в работе необходимо погасить пламя, для этого нужно плотно перекрыть вентили на горелке: сначала кислород, затем горючий газ.

При газовой резке или сварке, каких либо частей электрооборудования, последние должны быть обесточены. Кроме того, должны быть приняты меры, предотвращающие возможность их включения во время производства работ по резке (сварке).

Запрещается производить газопламенную обработку (в том числе и нагрев) трубопроводов, сосудов, резервуаров, находящихся под давлением, независимо от того, каким газом или жидкостью они заполнены.

При перегреве резака (горелки) работу следует приостановить, а резак (горелку) – потушить и охладить до полного остывания в сосуде с чистой водой.

При обратном ударе пламени следует немедленно закрыть вентили на резаке (горелке) баллоне, затем охладить резак (горелку) в воде до полного остывания мундштука и смесительной камеры.

Примером нарушений техники безопасности может послужить случай, произошедший 24 января 2009 г. на РУПП «БелАЗ», при котором при проведении работ по очистке приямка раздаточного стенда от скрапа застывшего металла с помощью газовой резки произошел разрыв кислородного рукава, в результате чего рабочий получил травму с тяжелым исходом. Было установлено, что причиной разрыва кислородного рукава явилась ошибка, допущенная рабочим в процессе гашения пламени резака. Вместо закрытия вначале вентиля горючего газа, он начал закрывать вентиль подогревающего кислорода. При этом в определенный момент времени скорость истечения смеси из сопла мундштука стала меньше скорости горения газокислородной смеси, фронт пламени проник в канал подачи газокислородной смеси к мундштуку и достиг смесительной камеры (произошел обратный удар). Давление смесительной камере резко возросло (из-за выделения большого количество тепловой энергии при горении газокислородной смеси) и стало значительно большим, чем в каналах подачи кислорода. Под действием разности давления в смесительной камере и канале подачи кислорода продукты горения начали поступать через инжекторное отверстие в кислородный рукав. Диаметр инжекторного отверстия значительно меньше диаметра смесительной камеры, поэтому давление в инжекторном отверстии резко упало, и начался подсос продуктов горения, а затем природного газа, в кислородный канал резака, а затем в кислородный рукав. В кислородном канале и в кислородном рукаве образовалась газокислородная смесь, при сгорании которой давление в кислородном канале и кислородном рукаве резко возросло, и произошел разрыв кислородного рукава, так как прочность металлического кислородного канала резака существенно выше прочности резинотканевого рукава.

УДК 621.791

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОБСТВЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТВЕРДЫХ ПРОСЛОЕК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

В. В. ДЕСЯТНИК, Т. И. БЕНДИК, И. В. ТАРАСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТ»
Могилев, Беларусь

Традиционным приемом обеспечения устойчивости как общей так и местной является уменьшение свободно деформируемой длины того элемента конструкции, в котором предполагается возможность потери устойчивости. Это достигается путем применения либо связей между конструкциями, например, в случае обеспечения общей устойчивости балок, либо использования ребер жесткости для предотвращения потери местной устойчивости балок и стоек.

Ранее было высказано предложение о возможности использования в указанных выше целях вместо ребер жесткости твердых прослоек в виде наплавок на те места, где должны быть расположены ребра жесткости. Как выяснилось в процессе исследований, этот прием имеет границы применения, описанные Ясинским.

Необходимо отметить следующее, что при условии попадания в указанные границы, потеря устойчивости возможна только при наличии сжимающих напряжений. Применительно к балкам это означает, что ребра жесткости должны располагаться на вертикальных стенках только в сжатой зоне. В случае балок, сечение которых симметрично относительно оси изгиба, например двутавровых, ребра жесткости должны занимать положение от верхней полки до оси симметрии сечения. Именно в этих местах и должны располагаться наплавки, представляющие собой твердые прослойки.

Если при этом иметь в виду, что любая сварка или наплавка сопровождается возникновением поля собственных, как правило двухосных напряжений, то характер их распределения вдоль и поперек оси твердой прослойки может подсказать места расположения твердых прослоек, которые создадут в зоне предлагаемой потери устойчивости предварительное растяжение. Это означает, что их расположение должно соответствовать максимальным касательным напряжениям, т.е. должно собой представлять сетку наплавок, направленных под углом 45^0 к оси изгиба балки. При этом сетка наплавок должна быть размещена в зоне действия сжимающих напряжений.

полнения ходовой части с дополнительной осью в виде балансирной тележки.

В ходе исследований выяснилось, что наиболее рационально оценку уровня динамической нагруженности ТТР-401 следует производить, учитывая условия эксплуатации и режимы нагружения.

Динамические величины максимального значения крутящего момента при трогании M_{KPmax} на передних полуосях для первой передачи возрастают с увеличением объема трелюемой пачки деревьев от 0,6 до 1,8 $м^3$. Характер проявления указанных зависимостей наблюдается на второй и третьей передачах при указанных объемах транспортируемых пачек хлыстов. Соотношение между величинами максимумов крутящего момента на передних и задних полуосях находится в соотношении 1:10. Это объясняется компоновкой машин с рамной конструкцией ходовой части и колесами разного диаметра, а также разгрузкой переднего моста при агрегатировании технологическим оборудованием на задней гидравлической навеске трактора. Для машин с полурамной конструкцией и равновеликими колесами эта величина снижается для полуосей заднего моста.

При установившемся движении ТТР-401 сумма средних значений крутящих моментов, обеспечивающих равномерное поступательное движение по мере возрастания объемов пачки хлыстов также возрастает, что объяснимо увеличением сил сопротивления на перемещение трактора и пачки хлыстов. Увеличение объема пачки хлыстов с 1,0 до 1,4 $м^3$ привело к суммарному увеличению M_{KPmax} на 4–6 %, а при сравнении указанной величины для объемов пачки хлыстов 0,6 и 1,8 $м^3$ она увеличилась на 12 %.

Расхождение расчетных и экспериментальных величин M_{KPmax} для передних полуосей ТТР-401 на режимах установившегося движения составляет 6–7 %, для задних полуосей 8–9 % соответственно.

При движении трелевочного трактора с дополнительной опорой в ходовой части при преодолении сопротивления качению наблюдается увеличение затрачиваемой мощности. Суммарный крутящий момент на передних и задних полуосях на второй передаче при объеме пачки хлыстов 1,0 $м^3$ при движении по пасечному волоку со скоростью 4,45 км/ч для серийного варианта технологического оборудования составляет 5,234 кН·м. При введении дополнительной оси крутящий момент увеличивается до 5,602 кН·м. Введение дополнительной опоры позволило произвести частичное перераспределение крутящего момента по полуосям, центр тяжести трактора смещается в сторону переднего моста, что приведет к его большей загрузке. Если для третьей передачи при объеме пачки хлыстов 1,4 $м^3$ значение крутящих моментов при установившемся режиме движения на передней полуоси составляет 0,416 кН·м, то для усовершенствованной конструкции этот показатель составляет 0,977 кН·м. При этом соотношение между динамической нагруженностью передних и задних полуосей для конструкции с дополнительной осью составляет в среднем 1:6. Уменьшение нагрузки на задний мост трактора благоприятно влияет на долговечность всей конструкции.

УДК 630*36

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИЙ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

В. А. СИМАНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, А. И. СМЕЯН, В. А. БОБРОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Эксплуатационные условия работы колесных трелевочных тракторов ТТР-401 на трелевке леса определяются преимущественно внешними воздействиями, которые вызывают непрерывное изменение крутящего момента в узлах трансмиссии и вертикальных динамических реакций в ходовой системе и технологическом оборудовании.

Работа колесных трелевочных тракторов ТТР-401 по условиям эксплуатации существенным образом отличается от работы лесовозных автопоездов, тракторов, транспортирующих прицепные и навесные орудия труда общего и сельскохозяйственного назначения, и ограничиваются параметрами лесосек, на которых прокладываются магистральные и пасечные волоки, протяженность которых составляет 50–350 м.

В этих ограниченных условиях трактора испытывают в основном два сменяющих друг друга режима – разгон и торможение, и только при расстояниях трелевки, превышающих 350 м часть пути, проходит в режиме установившегося движения при скоростях 2,5–8,5 км/ч. Даже при условии подготовки магистральных и пасечных волоков на поверхности встречаются единичные и повторяющиеся препятствия.

Статистические характеристики магистральных и пасечных волоков были определены по известным зависимостям и отвечали условиям стационарного случайного процесса. Оценка динамической нагруженности осей и трансмиссии трелевочного трактора проводились по величинам крутящего момента на передних и задних полуосях трактора. Величина тягового усилия в канате определяла вертикальную нагруженность технологического оборудования и ходовой системы.

Теоретические и эксплуатационные исследования колесного трелевочного трактора ТТР-401 проводились для объемов пачки хлыстов 0,6–1,8 м^3 с интервалом изменения нагрузки через 0,2 м^3. Замеры проводились на I – V передачах с варьированием скорости в пределах 2,50–8,50 км/ч.

Эксплуатационные исследования колесного трелевочного трактора ТТР-401 проводились на магистральном и пасечном волоках при использовании в серийном исполнении технологического оборудования, а также при введении в ходовую систему трактора дополнительной опорной оси. При теоретических исследованиях дополнительно рассматривался вариант ис-

УДК 621.791.763

О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ

С. Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, В. А. ПОПКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В различных отраслях промышленности достаточно широко применяются контактная точечная сварка металлов с цинкосодержащими покрытиями.

Известны способы контактной точечной сварки оцинкованных сталей, включающие операции деформирования и удаления цинкового покрытия путем нагрева предварительным импульсом тока и следующей за этим операции образования сварной точки [1–3]. Недостатками их являются нарушение целостности покрытия в местах постановки точек, низкая коррозионная стойкость сварного соединения, отсутствие рекомендаций по выбору оптимальных значений технологических параметров режима сварки.

В результате проведенных исследований по разработке технологического процесса, обеспечивающего сохранение цинкосодержащего покрытия на лицевых поверхностях изделий, предложена новая циклограмма контактной точечной сварки (рис. 1). Она включает операции предварительного сжатия деталей **I**, формирования сварной точки путем пропускания модулированного импульса сварочного тока $I_{св}$ **II** и проковки **III**, осуществляемые при постоянном усилии на электродах.

Величина сварочного тока определяется по формуле

$$I_{св} = \frac{0{,}09}{r_{эд}},$$

где $r_{эд}$ – сопротивление контакта сварочного электрода с изделием, Ом.

После операции предварительного сжатия вводится дополнительная операция модулирования сварочного тока, время которой $\tau_н$ определяют по формуле

$$\tau_н = \exp\left(\frac{a}{I_{св}} + b\right),$$

где a и b – коэффициенты, значения которых определяются толщиной и маркой покрытия.

На заключительной стадии циклограммы **III** необходимо выдержать определенную продолжительность проковки $\tau_{ков}$, которую определяют по формуле

$$\tau_{ков} = \frac{c}{I_{св}^2} + d \ ,$$

где c и d – коэффициенты, значения которых определяются толщиной и маркой покрытия.

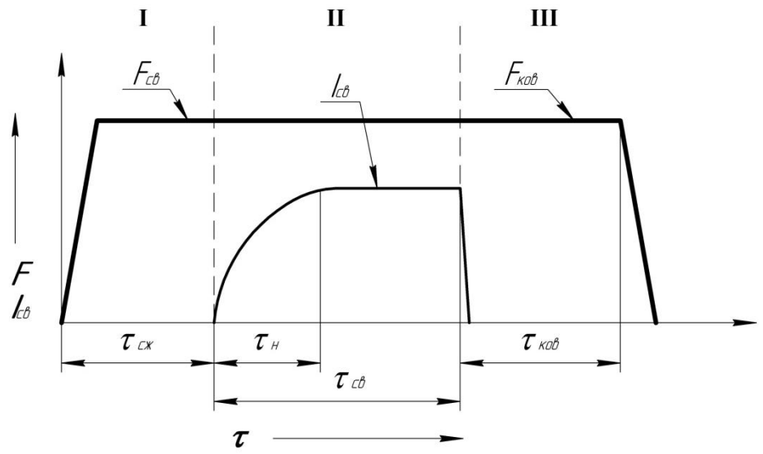


Рис. 1. Циклограмма процесса контактной сварки

Использование предложенной циклограммы контактной точечной сварки оцинкованных сталей и указанных рекомендаций по выбору ее параметров обеспечивает сохранение покрытия в местах постановки точек, высокую коррозионную стойкость соединений, повышенную стойкость электродов и позволяет за счет этого получить экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пат. 2243071 (RU), МПК^6 B23K 11/16, 11/10**. Способ контактной точечной сварки оцинкованных стальных листов / А.В. Вакатов, Ю.С. Данилов; заявитель и патентообладатель Волжское объединение по производству легковых автомобилей «АвтоВАЗ», заявл. 01.07.2002;опубл. 27. 12. 2004.

2. **Гуляев, А. И.** Технология точечной и рельефной сварки сталей в массовом производстве / А. И. Гуляев. – М. : Машиностроение, 1978. – 246 с.

3. **Вакатов, А. В.** Особенности формирования сварных соединений при контактной точечной сварке оцинкованной стали / А. В. Вакатов // Сварочное производство. – 2001. – № 2. – С. 20–21.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} + \lambda_i \frac{\partial f_j}{\partial \dot{q}_i} + Q_{q_i} \ , \qquad (1)$$

где T – кинетическая энергия системы; П – потенциальная энергия системы; Ф – диссипативная энергия системы; q_i– обобщенные координаты масс системы; $\dot{q}_i$ – обобщенные скорости масс системы; f_j– уравнение кинематических связей колес с опорной поверхностью; λ_i – неопределенные множители Лагранжа; Q_{q_i} – обобщенные силы.

Соответствующие предельные моменты, которые можно приложить к ведущим колесам:

$$\begin{cases} M_{к1} = N_1 \cdot \phi_{сц1} \cdot r_{д1}; \\ M_{к2} = N_2 \cdot \phi_{сц2} \cdot r_{д2}. \end{cases} \qquad (2)$$

Величину потери скорости в зависимости от массо-геометрических параметров трактора, коэффициентов сцеплений его колес с опорной поверхностью, крюковой нагрузки, номинального момента двигателя можно представить в виде:

$$\Delta V = \left\{ \left[\left(M_{тр} \cdot a \cdot g + P_{кр} \cdot h_{кр} \right) \cdot \frac{1}{(a+b)} + + c_{шз} \cdot (f_з - b \cdot \varphi - z_c) \right] \cdot \varphi_{сц2} - P_f \right\} \cdot \frac{1}{M_{тр}} \cdot t -$$
$$- \left[\frac{M_н}{2 \cdot \Delta\omega} \cdot (\omega_{хх} - \omega) \cdot i_{тр} - \left(M_{тр} \cdot a \cdot g + P_{кр} \cdot h_{кр} \right) \cdot \frac{1}{(a+b)} \cdot r_{дз} \cdot \varphi_{сц2} - P_f \cdot r_{дз} \right] \cdot \frac{1}{J_{з.к}} \cdot t \cdot r_{дз} \ ,$$

где $M_{тр}$ – масса трактора.

В процессе моделирования в каждый момент времени определяется коэффициент сцепления с целью возможности максимальной его реализации, который находится по формуле

$$\varphi_{сц} \le \frac{J_{з.к} \cdot \ddot{\varphi}_з}{N_2 \cdot r_{дз}} \ .$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лурье, А. И.** Аналитическая механика /А. И. Лурье. – М. : Физматгиз, 1961. – 824 с.

2. Динамика колесных машин: монография / И. С. Сазонов [и др.], под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – 462 с.

3. **Неймарк, Ю. Н.** Динамика неголономных систем / Ю. Н. Неймарк, Н. А. Фуфаев. – М. : Наука, 1967. – 520 с.

УДК 629.114.2:62-219.5

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗГОНА КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ, *КИ-ЙОНГ ЧОЙ, П. А.АМЕЛЬЧЕНКО, А. Г. СТАСИЛЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Могилев, Минск Беларусь

В работе изложены методы составления математических моделей динамики разгона колесного трактора 4х2 и 4х4 с крюковой нагрузкой, основанных на использовании регуляторных характеристиках двигателя, массо-геометрических параметрах, упруго-диссипативных характеристик шин и подвесок проектируемых колесных тракторов. При разработке математических моделей использованы методы аналитической механики, позволяющие решение прямых и обратных задач динамики – определение кинематических параметров и сил в контакте колес колесного трактора с опорной поверхностью с различными значениями их коэффициентов. Полученные результаты являются некоторым уточнением известных методов исследования тяговой динамики колесных тракторов[1]. С известными допущениями расчетная модель трактора и его обобщенные координаты представлены на рис. 1.

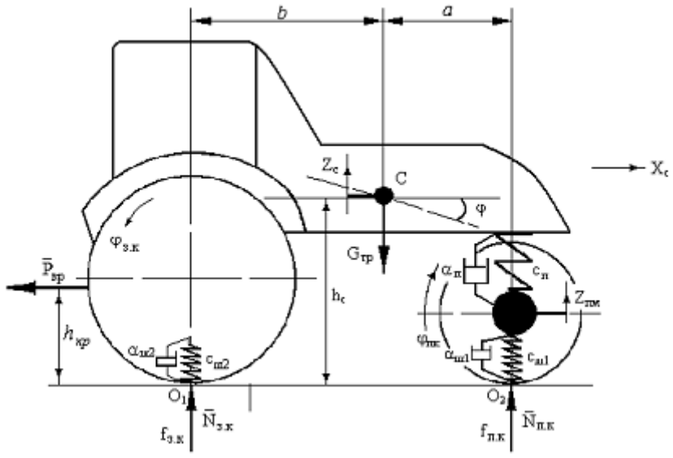


Рис. 1. Расчетная схема трактора

Дифференциальные уравнения движения в общем виде можно представить в форме уравнения Лагранжа первого рода [2–3] .

УДК 621.791.763

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОДАЧИ КОМПОНЕНТОВ ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ В ЗОНУ ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ

М. А. КАДРОВ, А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из направлений развития процесса дуговой сварки в защитном газе является использование независимой подачи компонентов газовых смесей в зону горения дуги. При этом открывается ряд путей совершенствования технологического процесса и снижения расхода дорогостоящих компонентов газовых смесей.

Авторами разработана принципиальная конструктивная схема и исследованы области оптимальных соотношений значений параметров режима сварки.

Принципиальная конструктивная схема экспериментального варианта сопла с комбинированной подачей компонентов газовой смеси в зону сварки, использованная при проведении экспериментов, представлена на рис. 1. Комбинированная независимая подача компонентов смеси обеспечивается наличием газоразделительного обтекателя (2). При этом аргон подаётся через ротаметр для точного контроля расхода по традиционной схеме через шланг горелки в центральный канал (6), а углекислый газ дополнительно подводится через ряд отверстий (5) во внешнем сопле (1) в кольцевой канал (7). Особенностью и преимуществом такой схемы реализации комбинированной защиты является отсутствие необходимости изготовления специальной горелки. Все элементы сопла устанавливаются непосредственно на имеющуюся горелку без изготовления специальных переходников (при соответствии посадочных диаметров сопла). Кроме того, с целью сохранения манёвренности сварки, габаритные размеры практически не меняются за исключением наличия трубок подвода углекислого газа к отверстиям (5) во внешнем сопле (1). Такая схема реализации комбинированной защиты позволяет организовать независимую подачу компонентов в широком диапазоне регулирования их расходов. При этом, для обеспечения точности, перед подачей защитного газа непосредственно к каждому из выходных каналов сопла, их расход контролировался с помощью ротаметров.

Так как процесс сварки в комбинированной газовой защите отличается от традиционного способа в условиях однородного омывающего потока, были проведены эксперименты по определению оптимальных соотношений параметров режима сварки (напряжения на дуге в зависимости от сварочного тока) с точки зрения стабильности горения дуги (рис. 2).

Область расположенная ниже графика (при значениях напряжения, меньших оптимальных) наблюдается процесс сварки с короткими замыканиями дугового промежутка, особенно на малых значениях сварочного тока (<160 А). Область, расположенная над графиком характеризуется периодическими обрывами дуги (на токах ниже критического тока струйного переноса). На режимах сварки, соответствующих струйному переносу электродного металла повышение напряжения сверх оптимального не приводит к обрыву дуги, но оно ограничено вылетом электродной проволоки и возникновением вероятности перегрева и расплавления токоподводящего наконечника. Очевидно, что соотношение расходов защитных газов (аргона и углекислого газа) будут оказывать влияние на оптимальные значения напряжения. Поэтому, полученные данные корректировались в дальнейшем с точки зрения потерь электродного металла.

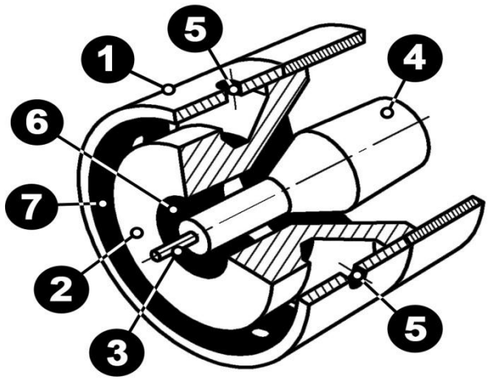


Рис. 1. Принципиальная схема сопла с комбинированной подачей компонентов газовой смеси в зону сварки: 1 – внешнее сопло; 2 – газоразделительный обтекатель; 3 – электродная проволока; 4 – токоподводящий наконечник; 5 – отверстия для подачи газа в кольцевой канал; 6 – центральный канал; 7 – кольцевой канал

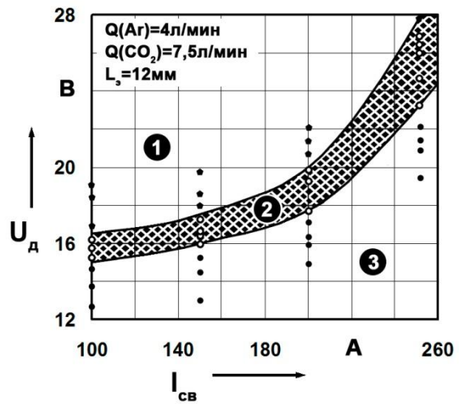


Рис. 2. Область оптимальных значений параметров режима сварки с комбинированной газовой защитой: 1, 3 – область нестабильного горения дуги; 2 – область оптимальных режимов

Исследованиями установлено, что собственная частота колебаний человека на сиденье современных колесных тракторов составляет 1–3 Гц, а допустимые значения среднеквадратичных ускорений и амплитуд вертикальных перемещений сиденья не должны превышать 8,5 м/с^2 и 0,02 м, которые также предусмотрены ГОСТ 12.1.012-90 и директивой Совета ЕЭС № 78/764.

Для гашения низкочастотных колебаний был исследован маятниковый динамический гаситель колебаний (рис. 1).

На рис. 2 представлена другая комбинация размещения линейного упругого элемента, придающая подвеске нелинейный характер.

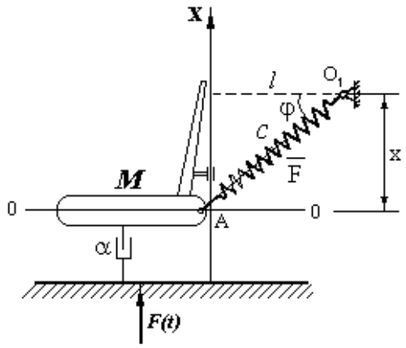


Рис. 2. Подвеска сиденья с консольным креплением упругого элемента

Так, в начальном положении длина упругого элемента равна $O_1A = 1$, коэффициент жесткости пружины равен c. Дифференциальное уравнение малых колебаний подрессоренной массы имеет вид:

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot x - \frac{c}{2 \cdot l^2} \cdot x^3 = 0.$$

Выводы.

1. Использование модели Максвелла в подвеске сиденья позволяет снизить среднеквадратичное ускорение на сиденье в 1,2–2,2 раза при рабочих скоростях движения трактора 5–12 км/ч.

2. Для смещения зоны резонанса амплитудно-частотных характеристик ускорений в область более высоких частот 10–12 Гц оптимальные значения упруго-диссипативных характеристик элемента релаксации демпфирования были равны: коэффициент жесткости упругого элемента с=130 Н/м, коэффициент вязкого сопротивления амортизатора α=1,2Н·с/м.

3. Смещение резонансных пиков амплитудно-частотных характеристик ускорений сиденья водителя в транспортном режиме движения колесного трактора требует перенастройки частоты собственных колебаний системы подрессоривания путем уменьшения статической деформации несущего упругого элемента подвески.

УДК 629.114.2:62-219.5

СПОСОБЫ ГАШЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СИДЕНЬЕ ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ, *КИ-ЙОНГ ЧОЙ, **Н. П. АМЕЛЬЧЕНКО, О. В. БИЛЫК, С. Ю. БИЛЫК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
Могилев, Минск Беларусь

Проблема создания эффективной виброзащитной системы водителя колесного трактора представляет собой актуальную задачу, направленную на улучшение труда водителя, обеспечение безопасности. Ускорения на сиденье и уровень шума в кабине водителя колесной машины строго регламентируется международными стандартами. Так, исследованиями F. Deine и M. Mitschke определены диапазоны частот собственных колебаний различных органов человека (рис. 1), а также установлены распределения частот колебаний по элементам конструкции колёсного трактора. Особое внимание F. Deine и M. Mitschkeобращают на низкочастотные колебания (1–8 Гц), которые оказывают наиболее вредное воздействие на водителя и вызывают у него профессиональные заболевания.

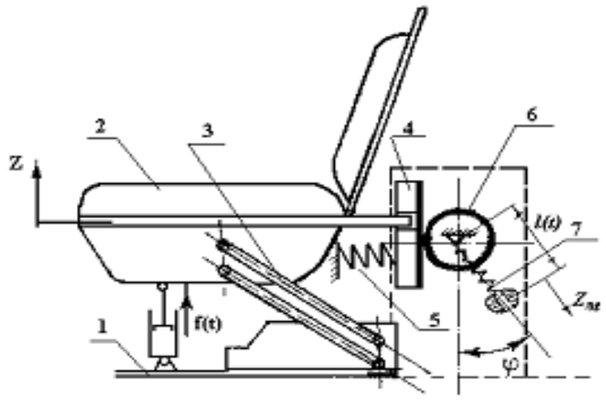


Рис. 1. Подвеска с маятниковым динамическим гасителем колебаний: 1 – остов трактора; 2 – сиденье водителя; 3 – подвеска сиденья, состоящая из рычажного механизма, амортизатора и упругого элемента, выполненного в виде торсиона; 4 – диск сиденья с фрикционным элементом; 5 – поджимное устройство диска 4; 6 – колесо с фрикционным элементом; 7 – маятниковый механизм

УДК 621.791.763

О ПОТЕРЯХ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ ПОДАЧЕЙ ЗАЩИТНОГО ГАЗА

А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ, В. В. ЛИПКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Защитные газовые смеси $Ar+CO_2$ обладают рядом существенных преимуществ по сравнения с углекислым газом при их использовании для защиты зоны горения дуги при сварке. Наиболее существенными из них является снижение потерь электродного металла на разбрызгивание и повышение ударной вязкости металла шва сварного соединения при отрицательных температурах.

Однако такие смеси имеют более высокую стоимость, что сдерживает их широкое распространение для сварки конструкций на отечественных предприятиях.

Перспективным направлением совершенствования процесса дуговой сварки в защитном газе является реализация комбинированной подачи компонентов защитной газовой смеси в зону горения дуги. При этом поток газа функционально разделяется на два коаксиальных потока. Внутренний поток состоит из чистого аргона. Наружный кольцевой поток состоит из углекислого газа. Такая схема подачи компонентов является малоисследованной, но, в то же время, позволяет существенно снизить расход дорогостоящего аргона.

Целью проведённых экспериментов, была оптимизация расхода аргона, подаваемого по центральному каналу сопла с точки зрения минимальных потерь электродного металла на разбрызгивание. Также, одной из задач являлось сравнение потерь при сварке с использованием комбинированной защиты с потерями при сварке в готовой газовой смеси 82%Ar+18%CO_2, чистом аргоне и углекислом газе.

Для проведения экспериментов использовалась специальная конструкция сопла сварочной горелки обеспечивающая независимую подачу газов в зону горения дуги.

Методика оценки потерь электродного металла основана на наплавке валиков на пластины из низкоуглеродистой стали, определении массы пластины до и после наплавки. При этом, потерями являются не только потери на разбрызгивание электродного металла но и потери на его испарение. Расход углекислого газа, подаваемого по кольцевому каналу сварочного сопла, выбирался согласно рекомендациям, полученным ранее. При этом главным требованием, предъявляемым к кольцевому потоку было обеспечение на-

дёжной защиты центральной области (области горения дуги) от проникновения в неё атмосферных газов. Расход аргона изменялся от 1 до 8,5 л/мин.

Анализ характера горения дуги показал, что существует три характерных области существования процесса. При малых расходах аргона (< 3 л/мин), дуга горит преимущественно в парах металла в смеси с некоторым количеством углекислого газа, попадающего в центральную зону из кольцевого потока, и незначительным количеством аргона. По мере увеличения расхода аргона, его доля в этой “тройной” смеси увеличивается, что сказывается на снижении коэффициента потерь. Вторая область характеризуется минимальными потерями, связанными с формированием в зоне горения дуги газовой атмосферы с оптимальным соотношением компонентов. Дальнейшее увеличение расхода аргона приводит к тому, что процесс начинает приближаться к сварке в чистом аргоне.

Зависимость коэффициента потерь от расхода аргона при сварке на режимах, характеризующихся большими значениями силы тока и напряжения на дуге, имеет более сложный характер. При расходах аргона более 3 л/мин наблюдается струйный перенос электродного металла. При этом разбрызгивание практически отсутствует. Потери при таком режиме минимальны, и в случае оптимального расхода аргона (около 4 л/мин) составляют 0,6–0,7 %. Дальнейшее увеличение расхода аргона, как и в первом случае, приводит к некоторому росту коэффициента потерь. Однако этот рост незначителен и обусловлен, по-видимому, повышением потерь на испарение в связи с резким увеличением температуры дуги.

Табл. 1. Значение коэффициента потерь электродного металла при сварке с различным способом защиты зоны горения дуги

Защитная атмосфера	Значение коэффициента потерь, %		
	$I_{св}$=150 А $U_д$=18 В	$I_{св}$=210 А $U_д$=20 В	$I_{св}$=265 А $U_д$=28,7 В
Комбинированная газовая защита ($Q(CO_2)$=7,5 л/мин, Q(Ar)=4 л/мин)	2,98	4,21	0,67
82%Ar+18%CO_2	4,56	5,39	2,16
Аргон	4,78	5,55	2,46
Углекислый газ	7,05	7,44	8,05

Анализ полученных результатов, а также сравнение их с аналогичными показателями при сварке с традиционной защитой зоны горения дуги показал, что коэффициент потерь при сварке с комбинированной защитой в условиях оптимального расхода компонентов меньше по сравнению со сваркой в газовой смеси 82%Ar+18%CO_2, чистом углекислом газе и аргоне (табл. 1).

$$\chi' = \chi^* - \chi \quad , \qquad (2)$$

где χ^* – полный угол наклона деформированного пневматика относительно продольной плоскости; χ' – угол наклона недеформированного пневматика.

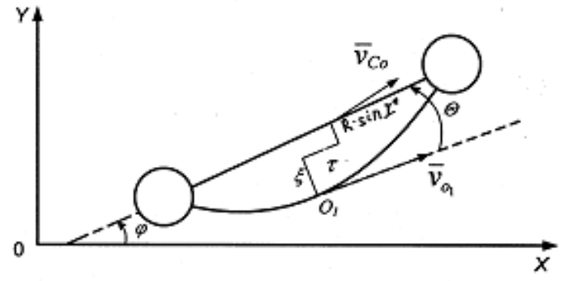


Рис. 1. Проекция пневматика на опорную плоскость

Предлагаемая гипотеза позволяет получить уравнение кинематической связи второго порядка относительно вторых производных.

Выводы.

1. Сформулирована новая гипотеза качения упруго пневматика по недеформируемой опорной поверхности, основанная на основе разности изохронных вариаций между кривизной линии качения пятна контакта пневматика и геометрического центра обода колеса, позволяющих получение дифференциальных уравнений второго порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.**Неймарк, Ю. И.** Динамика неголономных систем / Ю. И. Неймарк, Н. А. Фуфаев. – М. : Наука, 1967. – 519 с.

2. **Ким, В. А.** Методология создания систем активной безопасности автотранспортных средств на основе анализа сил / В. А. Ким. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 347 с.

3. **Сазонов, И. С.** Динамическое регулирование режимов движения полноприводных колесных машин / И. С. Сазонов. – Минск : БГПА, 2001. – 185 с.

УДК 629.3

УРАВНЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КАЧЕНИЯ УПРУГОГО ПНЕВМАТИКА ПО НЕДЕФОРМИРУЕМОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ, *КИ-ЙОНГ ЧОЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Могилев, Минск Беларусь

Как известно, задача исследования курсового движения колесной машины на упругих пневматиках относится к классу особых задач, требующей применения методов аналитической механики. Для решения прямых и обратных задач динамики составляются динамические уравнения движения колесной машины и уравнения кинематических связей качения колес машин с опорной поверхностью. Известные теории качения упругого пневматика, предложенные М. В. Келдышем, Ю. И. Неймарком [1], позволяют получить дифференциальные уравнения кинематических связей качения колеса первого порядка. Дифференцирование уравнений кинематических связей приводит к необоснованным потерям констант, что в дальнейшем может отразиться на результатах исследований. Для получения дифференциальных уравнений кинематических связей второго порядка предлагаются новые гипотезы.

1. Касательная к линии качения и касательная к проекции центральной окружности деформированного пневматика в центре пятна контакта совпадают, т. е. касательная к линии качения образует с проекцией горизонтального диаметра на опорную плоскость угол, равный параметру угловой деформации вокруг нормали к опорной поверхности (первая гипотеза Келдыша).

2. Разность изохронных вариаций кривизны, линии качения пятна контакта пневматика и геометрического центра обода колеса при внезапном придании деформации пневматику однозначно определяется параметрами деформации [2–3].

Согласно гипотезам 1 и 2 получим вариации кривизны траекторий (см. рис. 1):

$$\begin{cases} \delta \cdot K'_{O_1} = K_{O_1} - K'_{Co} - R\sin\chi' = f_1(\xi,\theta,\chi,\tau,\delta); \\ \delta \cdot K'_{Co} = K_{Co} - K'_{Co} = f_2(\xi,\theta,\chi,\tau,\delta), \end{cases} \quad (1)$$

где ξ, τ, δ – параметры боковой, касательной и нормальной деформаций соответственно; θ – параметр угловой деформации вокруг нормали; χ – параметр угловой деформации вокруг продольной оси.

Из рис. 1 следует, что

УДК 621.79

СВАРКА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОТГРУЗКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

А. Г. ЛУПАЧЕВ, М. Ж. СОЛОДКОВ, *С. И. ТИХОНОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «ГОМЕЛЬТЕХМОНТАЖ»
Могилев, Гомель, Беларусь

Вертикальные цилиндрические резервуары для хранения нефти работают в условиях сложного напряжённого состояния при одновременном воздействии активных технологических и природных сред, вызывающих необратимые физико-химические изменения металла вследствие коррозионных, сорбционных, эрозионных и других процессов, а также при комплексном воздействии, ведущем к потере несущей способности конструкции.

В связи с возрастающим объемом переработки нефти, физическим износом парка резервуаров для хранения и отгрузки светлых нефтепродуктов выполняются работы по изготовлению новых хранилищ.

Цилиндрическая часть резервуара работает в условиях малоциклового нагружения, вызванного периодически меняющимся гидростатическим давлением из-за опорожнения и налива хранимого продукта. Поэтому требования к сварным швам достаточно высокие.

Главными технологическими процессами при изготовлении резервуара, помимо заготовительных, сборочных, контрольных и отделочных, являются деформирование и сварка, причём последняя ввиду мощного локального теплового воздействия на металл вызывает наиболее существенные изменения свойств исходного материала и его однородности.

Ввиду больших геометрических размеров резервуара (диаметр 60 м) применяют метод полистовой сборкой-сварки. Вертикальные швы выполняют механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в смеси аргона с двуокисью углерода. Горизонтальные швы выполняют автоматической сваркой под слоем флюса.

Исследовали четыре варианта разделок кромок под сварку:

Механизированная сварка проволокой Св08Г2С, в среде М21. Корень шва и заполнение разделки выполняли «ниточными» швами вертикально снизу вверх (положение PF). Тип разделки С21, С25.

Механизированная сварка проволокой Св08Г2С, в среде М21. Корень шва выполняли «ниточным» швом в положении PF. Заполнение разделки выполняли с поперечными перемещениями дуги по ширине разделки по мере её заполнения. Тип разделки С21, С25.

Автоматическая сварка проволокой L61 под флюсом FX860 (положение PC). При этом корень шва выполняли механизированной сваркой. Тип разделки С12.

Автоматическая сварка проволокой L61 под флюсом FX860 (положение PC). При этом корень шва выполняли механизированной сваркой. Тип разделки С15.

При всех вариантах технологии исследовали сталь 09Г2С толщиной 19 мм.

Проведенные механические испытания и металлографические исследования позволили установить, что на всех исследованных режимах механизированной сварки, при использовании разделки С21, С25 техникой сварки «ниточными» швами в положении снизу верху (PF) наблюдаются дефекты типа: несплавление по кромке разделки, межваликовое несплавление, несплавление в корне шва.

Несплавления в корне шва возникают ввиду ограничения возможности манипулирования электрода в районе корня шва по причине недостаточного угла разделки при данной толщине металла.

Несплавления по кромке разделки, межваликовое несплавление возникают в результате снижения времени контактирования жидкой сварочной ванны с закристаллизовавшейся поверхностью предыдущих валиков и поверхностью разделки при технике сварки снизу вверх.

При использовании разделки С25 и техники сварки с поперечными перемещениями дуги по ширине разделки по мере её заполнения дефектов не обнаружено.

Высокие механические характеристики горизонтального сварного шва удалось получить при комбинированной сварке: корень шва – механизированная сварка проволокой сплошного сечения в смеси М21; заполнение двусторонней разделки С15 сваркой под слоем флюса тремя проходами с каждой стороны.

С целью предотвращения дефектов типа, несплавление по кромке разделки и межваликовое несплавление – механизированную сварку вертикальных швов сплошной проволокой в смеси 82%Ar+18%CO_2, необходимо выполнять способом сварки в общую сварочную ванну, то есть выполнять поперечные перемещения дуги по ширине разделки по мере её заполнения. Это обеспечивает более длительное контактирование жидкого металла ванны с кромками разделки, и гарантирует зарождение центров кристаллизации и дальнейший рост дендритов на полуоплавленных зёрнах поверхности разделки и предыдущих валиков.

В результате проведенных исследований установлено, что европейская классификация легковых автомобилей наиболее точно учитывает особенности конструкции кузовов по классам. При определении трудоемкостей на противокоррозионную обработку целесообразно использовать европейскую классификацию легковых автомобилей.

Взаимосвязь, выявленная между габаритными размерами кузовов автомобилей и длинами скрытых полостей, а также габаритными размерами кузовов и площадями обрабатываемых поверхностей, носит выраженный линейный характер.

Полученные числовые значения коэффициентов корректирования нормы времени на противокоррозионную обработку находятся в пределах: от $К_{КОР}^{A}$ = 1,0 (для легковых автомобилей класса «А») до $К_{КОР}^{F}$= 1,81 (для автомобилей класса «F»).

Установлено, что для автомобилей американского производства и автомобилей класса «MPV» при определения трудоемкости противокоррозионной обработки необходимо учитывать поправочный коэффициент: для американских автомобилей $К_{USA}$ = 0,964 и (или) поправочный коэффициент для автомобилей класса «MPV» $К_{MPV}$ = 0,98. Это обусловлено особенностями конструкции кузовов соответствующих автомобилей.

Разработанная по результатам выполненных исследований методика нормирования трудоемкостей противокоррозионной обработки кузовов автомобилей, позволяет корректировать нормативную трудоемкость противокоррозионной обработки для определенного класса легковых автомобилей.

УДК 629.331

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАБОТ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОРГАНИЗАЦИЙ АВТОСЕРВИСА

В. Д. РОГОЖИН, И. Н. СЕМЁНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Возрастающий спрос на автосервисные услуги побуждает проектировать новые или реконструировать действующие организации автосервиса (ОАС). Нормативное обеспечение методики технологического проектирования ОАС не в полной мере удовлетворяет предъявляемым требованиям. Это связано с разработкой и выпуском большого количества разнотипных легковых автомобилей, для которых не рационально использовать нормативы, усредненные по классам, определяемые лишь только объемом двигателя, как например в ОНТП-01-91. Использование дилерских баз данных (БД) затруднено стоимостью таких источников информации и различием содержащейся в них информации по нормам времени для видов работ, выполняемых на автосервисе по различным маркам автомобилей.

Поэтому в технологическом проектирования ОАС для уточнения нормативов разработка методики нормирования трудоемкостей по видам выполняемых работ является актуальным направлением.

На основании проведенного обзора установлено, что существующие в настоящее время источники информации (БД) по видам выполняемых работ на ОАС и различие нормативов в них затрудняют возможность правильного определения и использования норм времени для технологического проектирования ОАС. Нормативные трудоемкости на антикоррозионную обработку по ОНТП-01-91 существенно (до 3,5 раз) отличаются от информационных источников для автомобилей производства РФ.

По результатам выполненного обзора установлено, что для автомобилей ведущих западноевропейских производителей не обнаружено норм времени для нормирования таких видов работ, как противокоррозионная обработка кузова легкового автомобиля

Множество различных марок и моделей легковых автомобилей затрудняют использование нормативов стандартных источников информации. Это связано с тем, что в известных источниках информация о нормативах усреднена для классов автомобилей, характеризуемых объемом двигателя.

Более точная информация о нормах времени для каждого автомобиля представлена в дилерских БД. Труднодоступность таких источников создает ограничение в применении норм времени для технологического проектирования ОАС.

УДК 621.791.763

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ A335GrP9 ASME-B30.10

А. Г. ЛУПАЧЁВ, Е. А. ФЕТИСОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Задача получения качественных сварных соединений из высокохромистых сталей к настоящему времени неплохо выполняется. Значительно сложнее обеспечить эксплуатационную надежность таких сварных соединений.

Сварку стали A335GrP9 следует выполнять отдельными валиками покрытыми электродами аналогичного химического состава, с предварительным и сопутствующим подогревом до 250 ^{0}С. Сварку последующего валика начинают после остывания предыдущего до температуры подогрева. После заполнения разделки сварочным материалом сварное соединение подстуживают до температуры несколько ниже начала мартенситного превращения, выдерживают при этой температуре в течение одного часа, проводят высокий отпуск при температуре 740...760 ^{0}С в течение нескольких часов. При этом строго контролируют скорость нагрева и охлаждения сварного соединения.

По ряду причин сварное соединение из стали A335GrP9 было ошибочно выполнено электродами с содержанием хрома в девять раз меньше, чем рекомендовано. Переварку таких сварных соединений по стандартной перлитной технологии выполнить невозможно в виду недопустимости сварки «в натяг». Было принято решение переварить 1500 сварных стыков по аустенитной технологии. Существующие сварные швы удаляли механическим способом. Выполняли специальную форму разделки кромок. Сварной шов удаляли на глубину, чтобы в корне шва оставался металл перлитной структуры толщиной 2–2,5 мм.

Сварку выполняли аустенитными электродами системы легирования Cr-Ni-Mo-Nb. Режим сварки корневого шва рассчитывали из условия прогрева оставшейся толщины металла до температуры несколько выше критической точки Ac_3. Такой режим сварки позволил выполнить нормализацию литого металла корня шва. Далее заполнение разделки кромок выполняли по аустенитной технологии.

Проведенные металлографические исследования показали, что литая структура в корне шва отсутствует. Минимизация теплового воздействия при дальнейшем заполнении разделки позволила устранить кристаллизационную неоднородность на линии сплавления перлитной высокохромистой стали с аустенитным наплавленным металлом.

Примененный тип наплавленного металла обладает высокой энергией зарождения и развития трещины, что подтверждается испытаниями.

УДК 621.791

О ВЫБОРЕ ЦИКЛОГРАММЫ ТОКА ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ ПАКЕТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, С. М. ФУРМАНОВ, Р. Г. ХУДОЛЕЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Регуляторы цикла сварки, которыми комплектуются контактные машины типа МТ, МТП, МР, Оливер, широко используемые сегодня на предприятиях Республики Беларусь, позволяют задавать импульс сварочного тока плавно нарастающим до максимального, амплитудного значения. Причем в регуляторах обычно предусмотрена возможность изменения крутизны нарастания импульса тока (модуляция).

При рельефной сварке пакетных соединений, когда за один цикл необходимо получить неразъемное соединение трех и более деталей при последовательном или параллельном образовании двух и более литых зон, наличие рельефов на соединяемых деталях налагает определенные требования к термодеформационным процессам зоны сварки. Распределение тепловых и деформационных полей, а также графики перемещения и скорости перемещения верхнего подвижного электрода, ранее полученные при моделировании процесса сварки в среде MSC.Marc, позволили установить 5 этапов кинетики формирования пакетных рельефных соединений:

а) предварительная деформация рельефов (стабилизация электросопротивления контактов пластина-рельеф);

б) плавное увеличение деформации рельефов при включении тока (активация контактных поверхностей);

в) появление и рост зон расплавления (интенсивная пластическая деформация металла зоны соединения);

г) полная осадка рельефов на всю их высоту (касание поверхностей деталей);

д) релаксационные процессы в зоне сварки после выключения тока.

При этом из пяти перечисленных этапов второй, третий и четвертый связаны непосредственно с протеканием через зону сварки тока и процессами непрерывного нагрева металла. На каждом из этих трех этапов в зону сварки необходимо вкладывать строго определенное количество энергии, что существенно снизит вероятность возникновения выплесков или непроваров, остаточных напряжений, а также рационализирует величину силовой электроэнергии, потребляемой контактной машиной из сети. Нарастающий амплитудный импульс сварочного тока не позволяет этого добиться, т. к. во-первых, деформирование рельефов происходит за завышенных скоростях за счет скачкообразного увеличения уровня тока уже за 5–7 периодов сварки, что приводит к преждевременному касанию деталей

Геометрическая сторона задачи описывается уравнениями

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r},\ \varepsilon_\theta = \frac{u}{r},\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \qquad (3)$$

где u – горизонтальные перемещения грунта (по оси r), м; w – вертикальные перемещения грунта (по оси z), м.

Если нагрузка за время ее действия не меняется, связь между деформацией и напряжениями записывается как

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E}\sigma\left[1 + \int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)\ d\tau\right].$$

Так как уравнение линейное, то пользуясь принципом суперпозиции, при объемном напряженном состоянии будем иметь:

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{E}\left[\sigma_\theta - \mu(\sigma_r + \sigma_z)\right]\cdot\left[1 + \int_0^t K(t-\tau)d\tau\right]. \qquad (4)$$

Подставив в (4) σ согласно (2) получим

$$\varepsilon_\theta = \frac{(-1+\mu)}{rE}\cdot\frac{\partial^2\varphi}{\partial r\partial z}\left[1 + \int_0^t K(t-\tau)d\tau\right].$$

Согласно (3), сделав соответствующие преобразования, получим горизонтальные и вертикальные перемещения (деформации) грунта:

$$U = \frac{F(1+\mu)}{2\pi E_0 R}\left(\frac{rz}{R^2} - (1-2\mu)\frac{r}{R+z}\right)\left(1 + \frac{\delta_0}{\beta_0}\left(1 - e^{-\beta_0 t}\right)\right);$$

$$W = \frac{F(1+\mu)}{2\pi E_0 R}\left(\frac{z^2}{R^2} + 2(1-\mu)\right)\left(1 + \frac{\delta_0}{\beta_0}\left(1 - e^{-\beta_0 t}\right)\right),$$

где F – нагрузка от движителя на грунт, Н; δ_0 и β_0 – параметры, характеризующие общую деформацию ползучести грунта, 1/с (определяются из опытов на ползучесть).

Разработанная методика, где в качестве решения принимается интегральное уравнение с наследственным разностным ядром, позволяет определять деформации в дорожных конструкциях, в том числе многослойных, выполненных с применением вязкоупругих материалов, при воздействии на них колесных лесотранспортных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федоренчик, А. С.** Аналитическое исследование колееобразования на трелевочных волоках, укрепленных отходами лесозаготовок / А. С. Федоренчик, С. С. Макаревич, П. А. Протас // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2002. – № 1. – С. 80–89.

2. **Вырко, Н. П.** Обеспечение круглогодовой работы лесовозного автотранспорта на вывозке заготовленного леса : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.01 / Н. П. Вырко. – Минск, 1999. – 326 л.

УДК 625.711.84

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

П. А. ПРОТАС, Д. В. КЛОКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Напряженно-деформированное состояние грунтового основания лесотранспортных путей при воздействии колесных движителей машин изменяется во времени, что является результатом реологических свойств грунта – его ползучести при нагрузке, в связи с чем необходимо учитывать время нагружения [1]. Деформируемость дисперсных грунтов во времени вполне описывается линейной теорией наследственной упругости (ползучести) Больцмана-Вольтерра [2], согласно которой связь между напряжениями и деформациями записывается уравнением

$$\varepsilon(t)=\frac{1}{E}\left[\sigma(t)+\int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)\,d\tau\right], \qquad (1)$$

где $\varepsilon(t)$ – относительная деформация; E – модуль упругости, МПа; σ – напряжение, МПа; $K(t-\tau)$ –ядро ползучести или ядро интегрального уравнения, представляющего функцию влияния напряжений $\sigma(\tau)$ в момент времени τ на деформацию в момент времени t, 1/с; t – время наблюдения, с; τ – время, предшествующее моменту наблюдения, с.

Ядро в уравнении (1) также называют ядром наследственности, которое характеризует степень «забывания» к моменту времени t о тех воздействиях, которые были совершены в момент времени τ.

Задача определения напряжений и перемещений, возникающих в грунтовом полупространстве от сосредоточенной силы, является осесимметричной, ее решение производят в цилиндрической системе координат через функцию напряжений $\varphi=\varphi(r, z)$. Согласно теории упругости напряжения через функцию φ записываются уравнениями:

$$\left.\begin{aligned}&\sigma_r=\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\nabla^2\varphi-\frac{\partial^2\varphi}{\partial r^2}\right);\ \sigma_\theta=\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\nabla^2\varphi-\frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right);\\&\sigma_z=\frac{\partial}{\partial z}\left((2-\mu)\nabla^2\varphi-\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}\right)\end{aligned}\right\}, \qquad (2)$$

где σ_r, σ_z, σ_θ – нормальные напряжения, действующие соответственно по площадкам, перпендикулярным осям r и z и касательной к окружности радиуса r; μ – коэффициент Пуассона грунта; ∇^2 – оператор Лапласа.

по всей площади (шунтирование по околошовной зоне), и, во-вторых, ввиду скачкообразного уменьшения уровня импульса тока с амплитудного значения до нуля при его выключении в зоне сварки создается неблагоприятное поле остаточных напряжений, что требует дополнительной операции приложения к электродам повышенного ковочного усилия.

Авторами было предложено использовать при рельефной сварке пакетных соединений трехступенчатую циклограмму тока. Каждая из ступеней соответствует одному из трех вышеуказанных основных этапов кинетики формирования соединения. Аппаратура реализации данной циклограммы тока на практике включает:

а) аналого-цифровую плату сбора данных NATIONALINSTRUMENTNIUSB-6251;

б) устройство согласования на базе электромагнитных реле и операционных усилителей;

в) ЭВМ с программной средой LABVIEW;

г) кабель для внешнего управления регулятором цикла сварки.

Ранее также была разработана методика расчета требуемого тепловложения в зону рельефной сварки указанных соединений, а также имитационная модель автоматического выключения сварочного тока на основе анализа тепловложения в зону сварки на каждом из этапов кинетики формирования соединения (в среде LABVIEW).

В результате анализа математического моделирования, а также экспериментальных исследований были установлены следующие варианты соотношения задаваемых уровней импульсов тока и значений требуемого тепловложения на каждой из трех ступеней циклограммы, представленные в табл. 1.

Табл. 1. Комбинации «уровни тока – требуемое тепловложение»

№	Первая ступень циклограммы	Вторая ступень циклограммы	Третья ступень циклограммы	Q_1, кДж	Q_2, кДж	Q_3, кДж
1	40% от I_{MAX}	90% от I_{MAX}	40 % от I_{MAX}	5 % от $Q_{ЭЭ}$	90 % от $Q_{ЭЭ}$	5 % от $Q_{ЭЭ}$
2	40% от I_{MAX}	100% (I_{MAX})				
3	50% от I_{MAX}	90% от I_{MAX}				
4	50% от I_{MAX}	100% (I_{MAX})				
5	60% от I_{MAX}	90% от I_{MAX}				
6	60% от I_{MAX}	100% (I_{MAX})				
7	40% от I_{MAX}	90% от I_{MAX}		10 % от $Q_{ЭЭ}$	85 % от $Q_{ЭЭ}$	5 % от $Q_{ЭЭ}$
8	40% от I_{MAX}	100% (I_{MAX})				
9	50% от I_{MAX}	90% от I_{MAX}				
10	50% от I_{MAX}	100% (I_{MAX})				

Для того чтобы определить, какие из данных комбинаций являются наиболее оптимальными для процесса сварки, необходимо произвести сварку как минимум десяти образцов для каждой из комбинаций с обязательной регистрацией активной мощности, потребляемой контактной машиной из сети, а также провести прочностные испытания каждого сварного образца с последующим сравнительным анализом.

УДК 621.791

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Н. СИНИЦА, М. Ж. СОЛОДКОВ
Государственное учреждения высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Металлографические исследования металлов включают несколько последовательных этапов: отбор образцов; их подготовку, включая обрезку, запрессовывание, шлифование, полирование, травление; исследование на микроскопе с последующей расшифровкой структуры металла; оформление результатов исследований.

Так как этапы следуют строго друг за другом, то ошибки, допущенные на любом из них, приводят к ошибкам в выполнении следующих этапов и к снижению достоверности результатов исследований. Как правило, ошибки происходят из-за "человеческого фактора" (недостаточная квалификация, снижение внимания при выполнении рутинных операций и т. д.)

Логично предположить, что избежать ошибок позволит максимальная автоматизация этапов исследований структуры металла. При этом на каждом этапе будут использоваться различные технические и программные средства. Следовательно, для повышения достоверности и производительности исследований необходимо применять комплекс средств, адаптированных друг к другу. Наиболее рационально закупать такие средства у одного производителя. Или наиболее важные из них у одного производителя, а остальные у других, основываясь на рекомендациях основного поставщика.

Описываются следующие технические и программные средства: отрезные станки с возможностью полуавтоматического режима работы; пресс для запрессовки образцов; автоматический шлифовально-полировальные станок; стационарный оптический микроскоп с цифровой камерой и программным комплексом для расшифровки полученных при металлографических исследованиях изображений структуры металла и формирования заключения о результатах исследований; портативный микроскоп и портативное электролитическое устройство для травления и полирования исследуемых поверхностей, обеспечивающие проведение металлографических исследований за пределами лаборатории.

Приводятся результаты исследования снижения времени на проведение различных операций металлографических исследований при использовании автоматизированных технических средств.

го образца мобильной канатной машины техническому заданию, а также разработать режимы эксплуатации в зависимости от природно-производственных условий.

Измеряемые параметры регистрировались и записывались с помощью восьмиканального многофункционального измерительного комплекса SPIDER-8 и портативного переносного компьютера. Измерительная аппаратура располагалась в кабине трактора. Питание портативного компьютера и усилительного комплекса осуществлялось от аккумуляторной батареи машины с помощью специального преобразователя электроэнергии (адаптера).

При проведении испытаний наблюдалось наличие прогиба опорного троса при выполнении работ по трелевке древесины. Наличие прогиба было зафиксировано при выполнении трелевки на максимальных расстояниях (150–200 м). Снижение данного показателя возможно при увеличении усилия натяжения троса и уменьшении расстояния трелевки. При невозможности увеличения усилия натяжения опорного троса следует предусмотреть наличие дополнительной (промежуточной) опоры.

Применение дополнительной опоры требует изменения конструкции каретки с возможностью беспрепятственного проезда через промежуточную опору. Также следует предусмотреть введение в конструкцию каретки дополнительных упоров на размыкатели для исключения перекоса каретки.

При выполнении операций по формированию и трелевке пачки наблюдались значительные динамические нагрузки в узлах каретки, что сказывалось на надежности конструкции и эффективности фиксации груза при трелевке. Для устранения указанных недостатков при эксплуатации рекомендуется выполнить крюк подпружиненным. Предусмотреть изменения конструкции для обеспечения плавного опускания груза. Также необходимо предусмотреть дополнительные элементы крепления или ящик для расположения каретки и трособлочной оснастки при выполнении переездов канатной трелевочной машины. Для снижения времени простоев машины при устранении неисправностей технологического оборудования следует предусмотреть лестницу для обслуживания трособлочной системы на мачте, установленной в рабочем положении. Приведенные рекомендации учтены при корректировке конструкторской документации на мобильную канатную трелевочную машину.

Применение мобильной трелевочной канатной машины с учетом конкретных условий эксплуатации по соответствующим технологиям позволит повысить производительность, безопасность труда, обеспечит сохранность подроста, оставляемого на доращивание древостоя, особенно при проведении несплошных рубок, а также обеспечит более полное освоение лесосечного фонда.

УДК 634.377

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОБИЛЬНОЙ КАНАТНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ «БЕЛАРУС»

С. Н. ПИЩОВ, С. П. МОХОВ, С. Е. АРИКО, С. А. ГОЛЯКЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается ежегодное недоосвоение лесосечного фонда. Так, в последние годы расчетная лесосека осваивалась только на 62–83 %, в связи с чем экономика страны не дополучала 1,0–2,5 млн м^3 древесины. Причинами этого является комплекс факторов: труднодоступные участки лесфонда (заболоченные, разрозненные, неконцентрированные); невысокая стоимость заготовки древесины мягколиственных пород (в совокупности со значительными затратами на ее заготовку низкая рентабельность); нехватка специализированных машин и оборудования; низкая эффективность в организации производственного процесса; ограничения по лесоводственно-экологическим требованиям к лесозаготовкам.

Альтернативой трелевочной технике на колесном и гусеничном ходу при освоении труднодоступного лесосечного фонда могут стать канатные трелевочные установки. Достоинствами данного вида оборудования являются: большая совместимость с лесной средой; в некоторых случаях отсутствие необходимости строительства лесовозных усов и укрепления трелевочных волоков; практически вся энергия трелевочного механизма расходуется на перемещение древесины; низкая себестоимость трелевки древесины; более длительный срок эксплуатации по сравнению с трелевочными тракторами; снижение загрязнения древесины механическими примесями (повышается эффективность переработки древесины); использование дополнительных древесных ресурсов для производства энергии.

РУП «Минский тракторный завод» осваивает производство канатной трелевочной машины МТК-431, на базе трактора «БЕЛАРУС» Л1221. В настоящее время проведены предварительные испытания по разработанной программе-методике, которая устанавливает объект, цель исследований, место, объем, последовательность и порядок проведения теоретических и экспериментальных исследований, требования к средствам измерений, обеспечивающим необходимую точность, воспроизводимость и достоверность результатов. При проведении испытаний значительное внимание уделено определению нагрузочных режимов приводов и технологического оборудования опытного образца мобильной трелевочной канатной машины. Определенные с помощью теоретических и экспериментальных исследований нагрузочные режимы позволили установить соответствие параметров опытно-

УДК 621.791

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХРУПКИХ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Е. Н. ЦУМАРЕВ, Ю. А. ЦУМАРЕВ, Е. В. ИГНАТОВА, *В.К. ШЕЛЕГ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

Технологические процессы получения неразъемных соединений (сварка, пайка, склеивание) находят широкое применение в промышленности. В последнее время предлагаются эти технологические процессы и характерные для них конструктивные решения использовать в комбинации друг с другом, что дает возможность значительно повысить технико-экономическую эффективность разработок. Для этого необходимы новые типы неразъемных соединений и достоверные данные о распределении напряжений в них. Данные о напряженно-деформированном состоянии гибридных соединений в настоящее время получают с помощью программных комплексов, основанных на методе конечных элементов. Однако экспериментальных данных, подтверждающих достоверность полученных расчетных результатов, а также рекомендаций по проведению таких экспериментов пока недостаточно. Это особенно касается вопросов экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния неразъемных соединений гибридного типа, для которых выявление мест концентрации напряжений затруднено.

По мнению авторов, для определения мест концентрации растягивающих напряжений в гибридных соединениях можно успешно применить метод хрупких тензочувствительных покрытий. Области максимальных напряжений при этом выявляются по образованию трещин в хрупком покрытии при нагружении испытываемого образца. Наиболее часто в качестве материала для нанесения хрупкого покрытия используется канифоль. Проведенные авторами эксперименты подтвердили предположение о возможности выявление зон с максимальными напряжениями в соединениях, которые используются при ремонте магистральных трубопроводов. Было также установлено, что применение гибридных паяно-сварных соединений способствует снижению концентрации напряжений.

УДК 621.9

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Д. И. ЯКУБОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Используемые порошкообразные наполнители, полученные традиционными методами, нашли широкое применение при изготовлении порошковых проволок, в качестве добавок к порошковым флюсам и в покрытия электродов. Возможности улучшения служебных свойств металлов и их прочностных характеристик при использовании в научной и практической сфере рассмотрены достаточно широко. Повышение работоспособности наплавленного металла остается актуальной задачей сварочного производства.

Для проведения исследований использовались композиционные материалы, в состав которых входили следующие компоненты – FeCr, FeMn, FeSi, Fe. Экспериментальные исследования проводили с применением дуговой наплавки неплавящимся электродом в инертном газе по слою пасты и дуговой сварки покрытым электродом. В каждом из выбранных способах сравнивались два варианта композиционных порошковых материалов, подвергнутых модификации и не подвергнутые модификации.

Применение модифицированных порошковых материалов, используемых при изготовлении сварочных материалов, в каждом из дуговых процессов нанесения наплавленного металла позволило повысить механические свойства наплавленного металла. Благодаря модификации и структурным изменениям металла, повысилась твердость наплавленного слоя в среднем на 10 %. Произошло увеличение ширине наплавленного шва, до 1 мм. Кроме этого определено увеличение зоны термического влияния в среднем на 2–4 мм.

В сварных соединениях, выполненных покрытыми электродами в состав которых входил порошок, подвергнутый модифицированию, было установлено изменения прочностных характеристик. Временное сопротивление на разрыв выросло в среднем на 10 %.

Проведенные исследования позволяют говорить о выявлении новых возможностей в повышении качества сварного соединения путем изменения процессы структурообразования по границам зерен.

др.;

– контроль соблюдения графика движения – учёт передвижения транспортных средств, автоматический учёт доставки грузов в заданные точки, график работы автотранспорта и др.;

– сбор статистических данных и оптимизация маршрутов - анализ пройденных маршрутов, скоростного режима, расхода топлива и др. транспортных средств с целью определения лучших маршрутов и др.

С помощью системы GPS мониторинга можно контролировать:

– работу автотранспорта в реальном времени;

– местоположение транспортного средства, его направление и скорость движения в режиме реального времени;

– соблюдение скоростного режима автомобилем;

– места погрузки/выгрузки груза;

– соблюдение маршрутов движения автотранспорта;

– работу агрегатов и узлов специальной техники (автобетоносмесителей, автокранов, самосвалов и др.);

– расход ГСМ;

– пробег автомобиля;

– начало и окончание работы автотранспорта;

– моточасы работы специальной техники и дополнительного оборудования.

Внедрение спутниковой системы мониторинга позволит повысить дисциплину обслуживающего персонала, качество выполняемых работ и уменьшить стоимость обслуживания автотранспорта.

Экономический эффект от внедрения системы спутникового мониторинга можно определить по формуле

$$Э = Цм\text{-}ч1 - Цм\text{-}ч ,$$

где Цм-ч – цена машино-часа работы автотранспорта; Цм-ч1 – цена машино-часа работы автотранспорта на котором установлено оборудование для спутникового мониторинга.

Цена машино-часа работы автотранспорта на котором установлено оборудование для спутникового мониторинга, уменьшается за счет оптимизации эксплуатации автотранспорта, исключения «левых» рейсов и оптимизации маршрутов движения автотранспорта, уменьшению затрат на энергоносители и др.

Внедрение системы спутникового мониторинга сокращает затраты на обслуживание и ремонт автотранспорта до 30 %.Стоимость оборудования установленного на транспортное средство для работы системы спутникового мониторинга окупается в течение 2–6 месяцев эксплуатации автотранспорта.

УДК 629.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА

В. В. ПИКУЛЕНКО
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Спутниковый мониторинг транспорта – система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой и/или радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт.

Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком. Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства.

На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приёмник спутниковых сигналов, модули хранения и передачи координатных данных. Программное обеспечение мобильного модуля получает координатные данные от приёмника сигналов, записывает их в модуль хранения и по возможности передаёт посредством модуля передачи.

Модуль передачи позволяет передавать данные, используя беспроводные сети операторов мобильной связи. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации.

Система спутникового мониторинга транспорта включает следующие компоненты:

– транспортное средство, оборудованное GPS или ГЛОНАСС контроллером или трекером, который получает данные от спутников и передаёт их на серверный центр мониторинга посредством GSM, CDMA или реже спутниковой и УКВ связи. Последние два актуальны для мониторинга в местах, где отсутствует полноценное GSM-покрытие, таких как Сибирь или Дальний Восток;

– серверный центр с программным обеспечением для приёма, хранения, обработки и анализа данных;

– компьютер диспетчера, осуществляющего мониторинг автомобилей.

Системы спутникового мониторинга транспорта решают следующие задачи:

– мониторинг включает определение координат местоположения транспортного средства, его направления, скорости движения и других параметров: расход топлива, температура в рефрижераторе, температура двигателя и

УДК 621.867

АНАЛИЗ ПОДБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНВЕЙЕРА

Д. М. КУЗЁМКИН, В.А ДОВГЯЛО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

В процессе работы ленточные конвейеры испытывает значительные динамические нагрузки, которые являются негативными явлениями при их работе. Для борьбы с этими нежелательными эффектами широко используются различные демпфирующие устройства, состоящие из вибропоглощающих машиностроительных материалов. Выбор таких материалов является важным этапом конструирования конвейера.

Целью данной работы является разработка методологии подбора наиболее рациональных материалов для демпфирующих элементов ленточного конвейера, исключающих работу конструкции в опасных резонансных режимах.

Авторами разработана математическая модель ленточного конвейера (рис. 1) и выполнено компьютерное моделирование работы конструкции под действием приложенных сил. Для этого использовали программный продукт MSC.ADAMS, который предоставляет возможность исследовать модель в реальных условиях эксплуатации машины. В результате были определены параметры, влияющие на эффективность и долговечность работы конвейера.

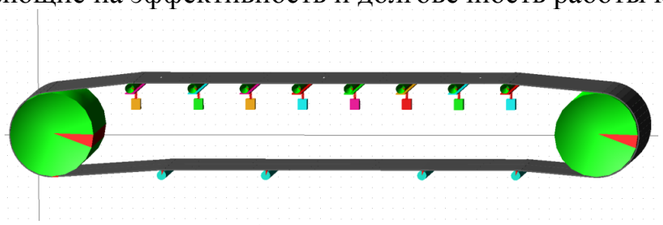


Рис. 1. Модель конвейера с демпфирующими элементами

С целью определения влияний коэффициентов упругости и жесткости демпфирующих элементов на частоты колебаний машины был выполнен ряд расчетов для определения значений сил, действующих на оси роликов. В результате получены зависимости перемещений и сил от времени при различных нагружениях демпфирующего элемента – полном (1500 кг), частичном (750 кг) и минимальном (200 кг). Путем варьирования значениями коэффициентов жесткости (от 50 до 800 Н/мм) и демпфирования (от 0,1 до 0,8 Н·с/мм), а также комбинацией этих параметров моделировалась работа различных вибропоглощающих материалов. Расчеты показали, что наиболее неблагоприятные резонансные режимы работы конвейера наблюдаются при

его полном и частичном нагружении, при значениях коэффициента жесткости пружины 800 Н/мм, коэффициентах демпфирования 0,1 и 0,2 Н·с/мм. При таких комбинациях параметров отмечается возрастание амплитуд сил, действующих на ось ролика, до максимальных значений 38 кН (рис. 2).Таким образом, использование вибропоглощающих материалов в конструкции демпферов ленточных конвейеров с данными параметрами нерационально.

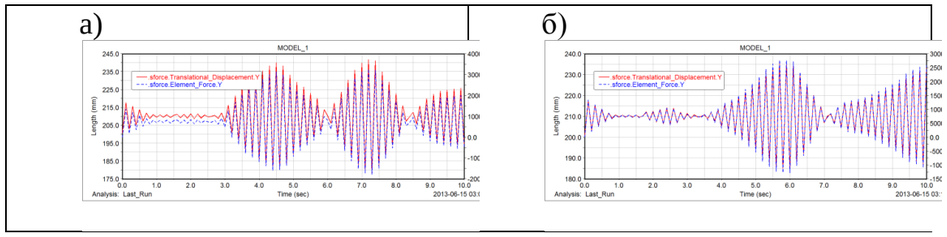


Рис. 2. Зависимость вертикальных перемещений и сил при коэффициенте жесткости пружины 800 Н/мм, коэффициенте демпфирования: а – 0,1 Н·с/мм; б – 0,2 Н·с/мм

Аналогичные зависимости найдены при минимальной нагрузке на ролики и различных значениях коэффициентов жесткости и демпфирования пружины, при этом расчеты показали, что затухания колебаний происходят быстро, поэтому ограничений по использованию материала демпфера нет.

Таким образом, в результате динамического анализа было установлено, что наиболее рациональными материалами для демпфирующих элементов рассматриваемого ленточного конвейера являются материалы с коэффициентом демпфирования 0,4 и 0,8 Н·с/мм и жесткости 800 Н/мм, так как при данных значениях наблюдалась стабильная работа демпфера при любых его нагружениях.

Предложенная методология подбора наиболее эффективных параметров вибропоглощающих материалов может быть использована и в других областях машиностроения, поскольку позволяет уже на стадии проектирования исключить работу машин и механизмов в опасных резонансных режимах и тем самым полностью обеспечить их эксплуатационный ресурс.

УДК 629.113

ЭЛЕКТРОННО-ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОТОЦИКЛОВ

М. Л. ПЕТРЕНКО, А. В. ЮШКЕВИЧ, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Необходимость повышения курсовой устойчивости при торможении и безопасности движения мотоциклов потребовало создания и установки на них систем активной безопасности.

Одними из первых систем активной безопасности, устанавливаемых на мотоциклы, стали электронно-гидравлические антиблокировочные системы. Их применение связано с широким распространением на мотоциклах гидравлических тормозных систем. Системы активной безопасности мотоцикла прошли значительный путь в своем развитии от механизмов, регулирующих тормозное усилие в зависимости от замедления при торможении до высокоэффективных электронно-гидравлических САБ, способных управлять мотоциклом в процессе движения в зависимости от изменения климатических условий и типа дорожного покрытия.

Первоначальные системы АБС имели в один контур и простейший модулятор. Последующее развитие систем АБС привело к появлению двух контурных систем и двухконтурных систем с многосуппортной тормозной системой. Так же развитие систем АБС получило направление, повлекшее за собой усложнение конструкции, алгоритма обработки данных, повышение стоимости блока-модулятора и других компонентов, входящих в конструкцию системы АБС. Преимуществом электронно-гидравлической САБ является возможность использования совместно с гидравлической тормозной системой, применение на мотоциклах высокой мощности, возможность реализации высокого тормозного момента, применение на тормозных системах с двух и трех дисковыми тормозными системами. Существенной особенностью электронно-гидравлической САБ является возможность использования различных алгоритмов управления.

Недостатками электронно-гидравлических САБ является повышенная стоимость изготовления, сложность сборки, использование дорогостоящих материалов, применяемых при изготовлении систем, применение высокоточных методов обработки и изготовления деталей систем.

Перспективным направлением развития является создание САБ, функционирующих на силовом анализе. В данном случае критерием управления САБ является изменение силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью, что позволяет создавать адаптивные САБ, которые позволяют повысить безопасность движения и конкурентоспособность мобильных машин, использующих разработанные САБ.

УДК 629.3

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШИНОМОНТАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. И. МРОЧЕК, Т. В. МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

К числу наиболее трудоемких работ, которые необходимо выполнять в процессе технической эксплуатации колесных машин, относятся работы, связанные с монтажом, демонтажом и ремонтом шин. Трудоемкость этих работ значительно возрастает на предприятиях, имеющих большие суточные пробеги машин. К таким относятся предприятия горэлектротранспорта, занимающиеся эксплуатацией троллейбусов.

С целью обеспечения возможности выполнения работ по монтажу и демонтажу шин МГКУП «Горэлектротранспорт» (г. Могилев) был приобретен шиномонтажный стенд EE-4404 (производства КНР). Стенд позволяет проводить работы по демонтажу и установке на диски камерных и бескамерных шин размером 14"–26", максимальный диаметр колеса – 1500 мм, максимальная ширина колеса – 780 мм.

В состав стенда входят:

– устройство для фиксации, подъема-опускания и вращения диска;

– подвижная платформа, на которой установлены монтажная стойка с рычагами и отжимным диском;

– гидравлическая система управления;

– электрическая система управления.

На стенде установлены два электродвигателя, один из которых используется для сообщения (через редуктор) вращательного движения устройству фиксации диска, а второй предназначен для привода гидронасоса.

Гидравлическая система содержит насосную установку, три контура управления, в каждом из которых установлено по одному гидроцилиндру, аппаратуру управления (два напорных гидроклапана, три гидрораспределителя с электромагнитным управлением, два гидрозамка).

В процессе эксплуатации возникли проблемы, связанные с нарушением работоспособности гидравлической системы стенда, вызванные неудовлетворительной работой устройства фиксации диска. Обусловлено это тем, что гидроцилиндр устройства фиксации, совершая вращательное движение, должен находиться при этом под давлением.

В результате выполненных исследований разработаны технические решения, направленные на совершенствование схемы и конструкции стенда. Внедрение выполненных разработок позволило восстановить работоспособность стенда.

УДК 621. 86

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ

А. В. ЛАГЕРЕВ, П. В. БОСЛОВЯК, Е. П. ЗУЕВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брянск, Россия

Алгоритм оптимального проектирования, реализованный в программном комплексе NX во взаимосвязанных средах NXNASTRAN и Altair Hyper Opt, представлен на рис. 1.

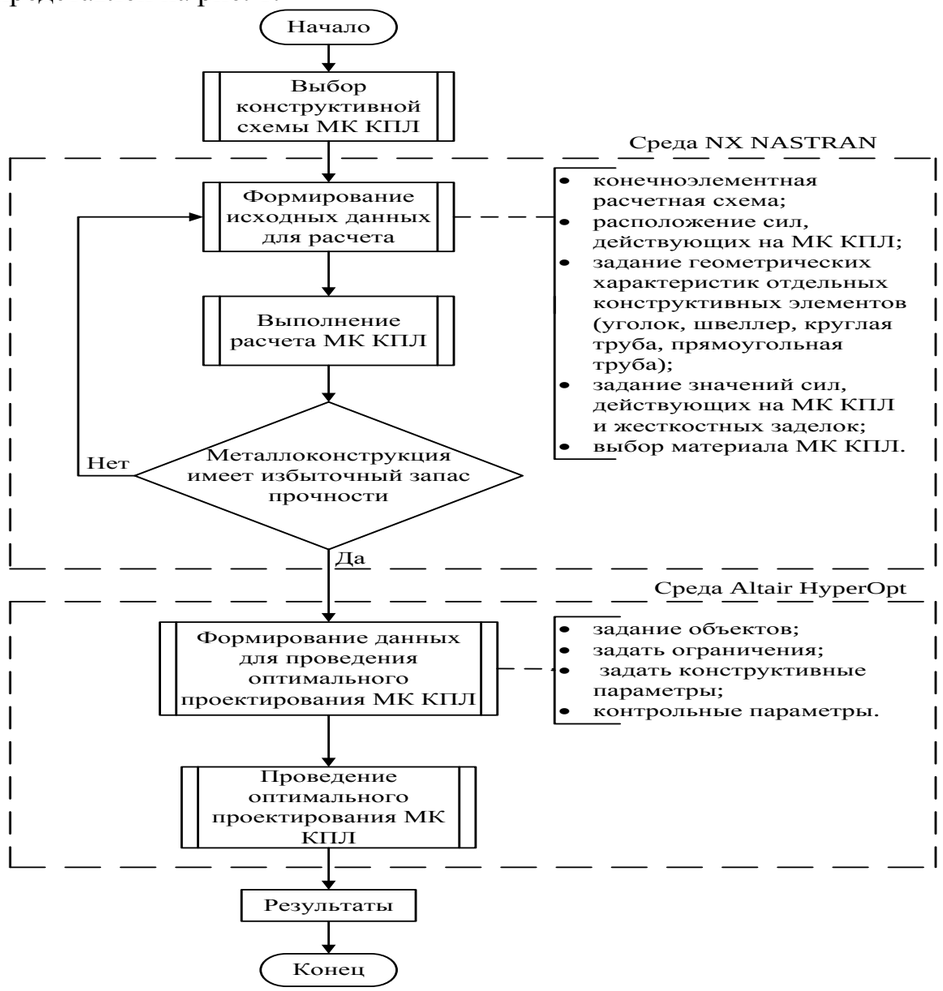


Рис. 1. Общий алгоритм оптимального проектирования МК КПЛ в программном комплексе NX

Первоначально осуществлялся выбор конструктивной схемы металлоконструкции (МК) конвейера с подвесной лентой (КПЛ). После чего приступали к проектированию, которое осуществлялось в среде NXNASTRAN. На данном этапе было выполнено формирование исходных данных – геометрической каркасной модели, а также дальнейшее ее преобразование в конечно-элементную (КЭ) расчетную схему (разбивка на коллекторы).

Далее приступали непосредственно к самому расчету металлоконструкции КПЛ на прочность, жесткость, устойчивость. Если данный тип МК удовлетворял условиям прочности, жесткости, устойчивости, то на этом проектирование в среде NXNASTRA заканчивалось. При невыполнении данных условий необходимо вернуться на этап формирования исходных данных и начать его осуществление заново.

После получения удовлетворительного результата заканчивался процесс расчета металлоконструкции методом конечных элементов в среде NXNASTRAN.

Далее осуществлялось оптимальное проектирование в среде Altair Hyper Opt, где на каждом шаге определялось напряженно-деформированное состояние конструкции. Первый шаг его выполнения – ввод исходных данных, который состоял из следующих подэтапов:

– общие настройки;
– задание объектов;
– задание ограничений;
– задание конструктивных параметров;
– контрольные параметры.

По окончании ввода исходных данных приступали к оптимальному проектированию металлоконструкции КПЛ. Производилось сравнение максимальных напряжений со значением заданных в качестве критерия целевой функции. В случае, когда разность полученного и заданного значений превышали интервал допуска, происходило автоматическое изменение линейных размеров поперечных сечений одномерных элементов, формировалась новая расчетная схема и производилась новая итерация оптимизационного процесса. Если результат удовлетворял заданным условиям, процесс оптимизации завершался. Полученная в результате форма поперечного сечения являлась оптимальной (напряжения в конструкции из профиля данного сечения близки к допускаемым значениям).

После выполнения оптимального проектирования получали два результата: численный и модельный.

УДК 629.113

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЗОРОВ МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЯМИ ТРЕНИЯ В ТОРМОЗНОМ МЕХАНИЗМЕ

А. С. МЕЛЬНИКОВ, И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ, О. В. БИЛЫК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Безопасность движения мобильных машин в значительной степени определяется эффективностью действия, надежностью и быстродействием тормозов, большое значение при этом имеет поддержание оптимального значения зазоров тормозных колодок.

Увеличение зазоров тормозных колодок приводит к невозможности антиблокировочной системы управлять процессом торможения мобильной машины, что, в свою очередь, приводит к дорожно-транспортным происшествиям.

С ужесточением международных требований по показателям безопасности мобильных машин (директива Совета ЕЭС № 78/764) многие заводы стран СНГ, производящие мобильные машины, несут значительные дополнительные валютные затраты на приобретение тормозных механизмов с автоматическими регуляторами зазора между поверхностями трения.

Опыт создания тормозных механизмов и приводов показал, что из всех возможных способов обеспечения оптимальных зазоров между поверхностями трения в тормозном механизме наиболее эффективным является автоматическое регулирование зазора тормозных колодок.

На автомобилях семейства МАЗ и КамАЗ используются барабанные тормоза в сочетании с ручной регулировкой зазора тормозных колодок. В связи с этим ближайшей наиболее актуальной задачей является оснащение колесных тормозных механизмов автомобилей семейства МАЗ и КамАЗ автоматическими регуляторами зазора тормозных колодок. В данном случае только применение автоматических регуляторов зазора тормозных колодок позволит успешно использовать антиблокировочные системы на данных автомобилях, обязательная установка которых предписана Правилами №13 ЕЭК ООН с 1 октября 1991 года.

Применение разработанного автоматического регулятора зазоров тормозных колодок решает актуальную народнохозяйственную и научную проблему, т. к. позволяет повысить эффективность тормозной системы, безопасность движения и конкурентоспособность мобильных машин, производимых Республикой Беларусь

УДК 628(076.5)

РАСЧЕТ НА ПК ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОТРАНСПОРТА

С. В. МАТУСЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Расчет необходимого воздуха для вентиляции сложен, требует больших затрат времени и не всегда позволяет точно определить необходимый воздухообмен, подобрать систему вентиляции и режим работы вентиляционных систем. На кафедре БЖД университета разработан пакет программ для расчета на ПК вентиляции для основных участков предприятий автотранспорта.

В настоящее время предъявляются жесткие требования к содержанию вредных примесей в отработавших газах автомобилей (действуют нормы Евро-5, а с сентября 2014 – Евро-6).

Основными производственными вредностями на предприятиях по обслуживанию автомобилей принимались: в помещениях для хранения автомобилей – окись углерода, аэрозоли свинца, окислы азота и альдегиды; в помещениях для обслуживания и ремонта автомобилей – окись углерода, окислы азота и альдегиды. Компонентами отработавших газов, обладающими наибольшей токсичностью, являются окись углерода и акролеин.

Все расчеты вентиляционных обменов воздуха проводились исходя из задачи растворения наиболее токсических веществ окиси углерода, акролеина, а также аэрозолей свинца.

В больших городах все большее применение находят многоэтажные гаражи. Многоэтажные гаражи позволяют производить очистку отработавших газов и, что особенно ценное, не уничтожать зеленые насаждения в жилых районах и не оказывать существенного влияния на состояние окружающей среды, здоровье и жизнь людей, значительно снижать шумовой фон. Для вентиляции помещений многоэтажных гаражей требуется значительный расход электроэнергии.

Снизить затраты электроэнергии на вентиляцию можно за счет расчета на ЭВМ оптимальных режимов работы вентиляционных установок для многоэтажных гаражей.

Программа используется в учебном процессе и может быть применена при проектировании вентиляции для предприятий автотранспорта.

УДК 621.86

ЭТАПЫ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ КОНВЕЙЕРОВ С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ

А. В. ЛАГЕРЕВ, П. В. БОСЛОВЯК, Е. П. ЗУЕВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брянск, Россия

Разработанная методика оптимального проектирования металлоконструкций (МК) конвейеров с подвесной лентой [1] позволяет конструктору на начальном этапе проектирования создать наиболее выгодный, с экономической точки зрения, вариант металлоконструкции.

Структура процесса создания оптимальных металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой (КПЛ) представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структура процесса проектирования оптимальной МК КПЛ

Начальным этапом оптимального проектирования было предпроектное исследование, целью которого являлось сбор и анализ информации, методов и средств решения задачи оптимального проектирования.

Этап проектного исследования включал подэтапы:

– формирование описания оптимального проектирования;

– организация обработки информации.

На этапе формирования описания оптимального проектирования были разработаны целевые функции (приводной станции, натяжной станции, линейной секции, направляющей) и системы ограничений (конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных, монтажных).

На этапе организации обработки информации сформированы описания особенностей конструкций конвейеров и их технических характеристик.

Подготовка к оптимальному проектированию включала подэтапы:

– выбор и обоснование программного комплекса;

– организация данных.

Выбор программного комплекса для осуществления оптимального проектирования производился исходя из следующих требований:

– расчет и анализ заданных металлоконструкций методом конечных элементов;

– возможность оптимизации металлоконструкции;

– стоимость ПО, вычислительной техники и т. д.

В качестве программного комплекса использовался продукт системы CAD/CAM/CAE SiemensNX [2].

На этапе организации данных формируется информационное обеспечение проектируемых металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой. В него входят данные стандартных и типовых элементов МК и возможные варианты ее исполнения. Также были разработаны алгоритмы оптимального проектирования МК КПЛ в программном комплексе NX.

Заключительным этапом оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой является процесс ее реализации, включающий:

– выбор конструктивной схемы МК КПЛ;

– формирование исходных данных для расчета;

– выполнение расчета МК КПЛ;

– формирование данных для проведения оптимального проектирования;

– проведение оптимального проектирования МК КПЛ;

– результат оптимального проектирования МК КПЛ.

Представленные этапы процесса оптимального проектирования металлоконструкции позволяют получить оптимальную металлоемкость с учетом требуемого технического задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бословяк, П. В.**Методика оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой / П. В.Бословяк, Е. П. Зуева, А. В. Лагерев // Современные материалы, техника и технология: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 63–64.

2. NX для конструктора – машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 500 с.

установки газового пожаротушения трактора БЕЛАРУС серии 3022 ДВ, который прошел эксплуатационные испытания на испытательном центре предприятия.

Целью огневых испытаний являлось определение работоспособности стационарной установки газового пожаротушения моторного отсека трактора БЕЛАРУС серии 3022 ДВ для дальнейшего внедрения в производство.

Для проведения огневых испытаний системы газового пожаротушения в разных частях моторного отсека трактора были установлены металлические противни со смесью воды и бензина марки А-80. После этого было произведено зажигание смеси и осуществлен ручной запуск системы пожаротушения при помощи рычага, установленного на ЗПУ.

В результате срабатывания системы очаги пожара были полностью ликвидированы. Также после перезарядки баллона была произведена контрольная проверка работоспособности установки от кнопки дистанционного пуска установки.

В результате проверки установлено, что система дистанционного пуска обеспечивает запуск системы и является работоспособной.

В результате проведенных испытаний установлено, что стационарная установка газового пожаротушения выполнила свои функции.

Огневые испытания в испытательном центре РУП «МТЗ» подтвердили ее соответствие техническим требованиям.

УДК 629.5.067.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТАЦИОНАРНОЙ УСТАНОВКИ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС» СЕРИИ 3022

С. Д. МАКАРЕВИЧ, Д. М. МАКАРЕВИЧ, А. В. АНИСКОВИЧ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

В рамках выполнения договора НИОКР, заключенного между НПЦ Могилевского областного УМЧС и РУП «МТЗ» по установлению причин возгорания тракторов «Беларус» серии 3000 и разработке мероприятий по их противопожарной защите, 12–14 декабря 2012 года на базе испытательного центра предприятия были проведены огневые испытания стационарной установки порошкового пожаротушения производства Российской Федерации.

В месте установки турбины двигателя был смоделирован очаг возгорания при помощи опилок и дизтоплива. Через десять секунд после возгорания был произведен пуск системы порошкового пожаротушения. В результате срабатывания системы пожаротушения с выпуском огнетушащего средства (порошка) очаг пожара не был ликвидирован. В дальнейшем было установлено, что после срабатывания системы пожаротушения в баллоне для хранения порошка остаток составил более половины, а это указывает на то, что порошок в баллоне слежался. Распределительные трубопроводы системы установлены в неудачных местах, что не позволяет эффективно тушить возможные очаги пожаров.

Для проведения повторного пуска системы пожаротушения она была перезаряжена, и в разных частях моторного отсека трактора были установлены металлические противни со смесью воды и бензина марки А-80. После этого было произведено зажигание смеси в противнях и осуществлен запуск системы пожаротушения, однако очаги пожара не были ликвидированы. Было установлено, что после срабатывания системы пожаротушения в баллоне порошок отсутствует.

По результатам огневых испытаний были сделаны следующие выводы.

1. Использование системы пожаротушения с применением огнетушащего порошка не в полной мере является эффективным, в том числе из-за слеживаемости в процессе эксплуатации трактора.

2. Учитывая быстрое развитие пожара в моторном отсеке трактора, необходимо применение системы пожаротушения, для чего следует провести разработку системы с газообразными огнетушащими средствами и ее дальнейшие испытания.

Научно-практическим центром по заданию РУП «МТЗ» была разработана конструкция и изготовлен экспериментальный образец стационарной

УДК 621.86

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ КРАНО-МАНИПУЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

И. А. ЛАГЕРЕВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. Г. ПЕТРОВСКОГО»
Брянск, Россия

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук №МК-92.2014.8.

В настоящее время для решения задач динамики манипуляторов разработаны различные вычислительные алгоритмы [1]:

– Ньютона-Эйлера (RNEA – Recursive Newton-Euler Algorithm);
– составного твердого тела (CRBA – Composite Rigid Body Algorithm);
– Шарнирно-сочлененного тела (ABA – Articulated Body Algorithm).

Эти алгоритмы рассматривают манипулятор как систему абсолютно твердых тел, соединенных шарнирами. Элементы стрелы гидравлических кранов-манипуляторов соединяются с помощью петлевых (вращательных) и призматических (поступательных) шарниров. Алгоритм RNEA позволяет решать обратную задачу динамики манипулятора, а алгоритмы CRBA и ABA используются для решения прямой задачи.

В расчетах кинематические схемы кранов-манипуляторов представляют собой разомкнутую кинематическую цепь, не имеющую ответвлений. Для подобных задач вычислительная сложность алгоритмов RNEA и ABA является линейной. В то же время решение прямой задачи динамики на основе алгоритма CRBA требует $O(n^3)$ вычислительных операций (где n – число степеней свободы манипулятора).

Исходными данными для решения обратной задачи динамики являются перемещения, скорости и ускорения в шарнирах. Найти требуется усилия в шарнирах τ, развиваемые приводами манипулятора для выполнения данного движения.

Алгоритм Ньютона-Эйлера предполагает, что основание крана-манипулятора зафиксировано. Идея метода состоит в том, чтобы, передвигаясь от основания к грузозахватному устройству, определить скорости и ускорения звеньев на основе перемещений, скоростей и ускорений в шарнирах. Эта процедура носит название прямого хода или прямой рекурсии. За ней следует обратная рекурсия: передвигаясь от грузозахватного органа к первому звену, на основе уравнений Ньютона-Эйлера определяют неизвестные внутренние силовые факторы.

Исходными данными для решения прямой задачи динамики являются перемещения и скорости в шарнирах, а также усилия τ, развиваемые приводами в сочленениях крана-манипулятора. Требуется найти ускорения в шарнирах.

Для кранов-манипуляторов с малым числом степеней свободы решение прямой задачи динамики на основе алгоритма CRBA оказывается эффективнее решения с использованием алгоритма ABA.

Уравнение динамики крана-манипулятора, записанное в матричной форме [2], имеет вид:

$$\{\tau\} = [H]\{\ddot{q}\} + \{C\},$$

где $\{\tau\}$ – вектор усилий, развиваемых приводами манипулятора в сочленениях; $[H]$ – матрица инерции манипулятора; $\{\ddot{q}\}$ – вектор ускорений в шарнирах; $\{C\}$ – вектор, включающий действие внешней нагрузки, кориолисовых и центробежных сил.

Развиваемое гидроцилиндром усилие $F_{гц}$ представляется в виде аналитической зависимости вида $\tau = f(q, F_{гц})$.

В рамках исследования был разработан программный комплекс для выполнения динамического анализа гидравлических кранов-манипуляторов. Программный комплекс реализует следующие функции:

– решение обратной задачи динамики на основе алгоритма RNEA;

– решение прямой задачи динамики с использованием алгоритма CRBA;

– решение гибридной задачи динамики;

– учет силовых факторов: силы тяжести, усилий гидроцилиндров, трения в шарнирах, сосредоточенных сил и моментов, заданных пользователем;

– загрузка пользовательских 3D-моделей твердых тел и расчет их инерциальных характеристик;

– численное интегрирование уравнений движения методами Эйлера, Ньюмарка, Рунге-Кутта четвертого порядка.

С использованием разработанного программного комплекса выполнен динамический анализ крана-манипулятора машины для сварки трубопроводов АСТ-4-А, крана-манипулятора общего назначения UNIC на базе шасси КАМАЗ-65117. Полученные результаты согласуются с данными [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лагерев, А. В.** Универсальная методика динамического анализа гидравлических кранов-манипуляторов / А. В. Лагерев, А. А. Мильто, И. А. Лагерев// Вестн. БГТУ. – 2013. – № 3. – С. 24–31.

2. **Лагерев, И. А.** Динамика трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов: монография / И. А. Лагерев, А. В. Лагерев. – Брянск : БГТУ, 2012. – 196 с.

винилхлоридных пластикатов, составляет 145–160 °С. В свою очередь длительное термическое воздействие не должно превышать 70 °С. При имеющемся термическом воздействии происходит изменение механических свойств изоляционного материала, он приобретает текучесть, что также влияет на ее разрушение в местах пересечения острых углов, краев крепящей арматуры и т.п. На основании изложенного, не исключается возможность возникновения аварийного режима (короткого замыкания) в работе электрической сети трактора в результате использования не функциональных аппаратов защиты (жучков) и внешнего термического воздействия от нагретой поверхности выхлопной трубы;

– при исследовании топливной системы трактора было установлено, что через рассматриваемую зону проходит топливопровод обратной системы между кабиной и двигателем. На данном участке металлический трубопровод диаметром 8 мм с правой стороны через муфту крепится к резинотканевому топливопроводу диаметром 10 мм, посредством которого соединяется с баком емкостью 510 л. Максимальное ожидаемое давление на резинотканевом участке составляет 0,6 МПА. При этом в случае нарушения герметичности данного участка дизельное топливо (горючая жидкость) поступит в объем моторного отсека без изменения параметров работы двигателя, т.е. может протекать незаметно до возникновения пожара;

– при несвоевременной замене в системе очистки воздуха сменного фильтрующего элемента на его поверхности и в его корпусе могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные смеси (торфяная пыль и другие). В случае попадания в систему искр, горячего воздуха может происходить взрыв с последующим горением.

УДК 629.114.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ ТРАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА РУП «МТЗ» СЕРИИ 3022

С. Д. МАКАРЕВИЧ, А. В. АНИСКОВИЧ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

Во исполнение научно-исследовательской работы по установлению причины возгорания тракторов «Беларус» серии 3000 научно-практическим центром Могилевского областного управления МЧС проведены лабораторные исследования пожароопасных узлов и агрегатов тракторов, а также стендовые испытания и исследования состояния пожароопасных узлов и агрегатов в условиях эксплуатации.

Процесс загорания тракторов весьма многофакторен и исследованные потенциальные причины в зависимости от условий эксплуатации всегда будет возможно воспроизвести на данной технике:

– при исследовании работающих двигателей тракторов пирометром была установлена температура наружной части теплоизоляционного кожуха выхлопной трубы. Максимальная температура на теплоизоляционном кожухе составила 128 °С (104–128 °С). Температура на металлических элементах выхлопной трубы без теплоизоляционного кожуха достигала 300 °С. Указанная температура в 300 °С превышает предельные пожаробезопасные температуры для встречающегося при возделывании сельхозполей горючих материалов (сено – температура тления 204 °С, солома – температура воспламенения 200 °С). При нормальных условиях эксплуатации в районе трубы их нет, но в результате работы может происходить их скопление, что приводит к возгоранию;

– электрическая проводка пожаробезопасна, пока используются функциональные аппараты защиты, и изоляционный материал соответствует нормативным требованиям. Электрическое оборудование трактора запитывается от двух аккумуляторных батарей (12 В 125 Ah) обеспечивающих кратковременную подачу тока до 950 А, установленных в металлическом отсеке с правой стороны. Далее через выключатель массы и плавкие предохранители на 80 и 30 А электричество подается на силовое реле, щит управления в кабине водителя и т. д. Расположение аккумуляторных батарей с правой стороны у основания кабины приводит к прокладке токопроводящих жил в районе коробки передач, выхлопной трубы. В т. ч. при возможном соприкосновении поливинилхлоридных оболочек жгутов электрических проводников с выхлопной трубой. При этом, предельно допустимая кратковременная температура, при которой происходит разложение изоляции из поли-

УДК 629.351

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСКИ ЗАДНЕЙ ПОЛУРАМЫ САМОСВАЛА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

И. В. ЛЕСКОВЕЦ, А. Д. БУЖИНСКИЙ, О. В. ЛЕОНЕНКО,
А. А. РОМАЧКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Производство самосвалов повышенной проходимости является одним из направлений Могилевского автомобильного завода (МоАЗ). В настоящее время выпускаются самосвалы грузоподъемностью 25, 27 и 36 т. Отличительной особенностью самосвалов грузоподъемностью 27 и 36 т является шарнирно-сочлененная рама, состоящая из двух полурам – передней и задней. Задняя полурама опирается на две ведущих оси. Такая конструкция обеспечивает высокую маневренность и повышенную проходимость. Радиус поворота самосвала грузоподъемностью 36 т составляет 9,4 м [1].

С целью повышения конкурентоспособности предприятия на рынках карьерной техники и самосвалов повышенной проходимости конструкторскими подразделениями разрабатывается новая машина повышенной проходимости, грузоподъемностью 50 т. Одной из задач, которую необходимо решить на начальной стадии проектирования является выбор параметров подвески задней полурамы.

Современные колесные машины работают в тяжелых условиях. В зависимости от назначения машины эти условия меняются в широких пределах. Расчет колесных движителей по существующим методикам, основывающимся на статических зависимостях дает хорошие результаты, но в некоторых случаях могут появляться значительные ошибки, ведущие к необоснованному увеличению массы машины, либо к снижению, прочности изделий, что в свою очередь приводит к снижению ресурса машины в целом.

На взгляд авторов, более точное определение скоростей, ускорений и усилий в колесном движителе на стадии проектирования можно получить с помощью математического моделирования, тем более, что на практике могут возникать случаи нагружения, данные о которых можно получить на стадии проектирования только с помощью моделирования [3]. Кроме того, математическая модель движителя позволяет получить данные, которые можно использовать в системах автоматизированного проектирования типа CAD и CAE.

В данном случае рассматривается пространственная модель машины. Опорные колеса имеют возможность перемещения относительно рамы машины в направлении оси ординат локальной системы координат, соответствующей декартовой, с центром в центре тяжести машины. Опорная поверх-

ность недеформируемая, микропрофиль отсутствует. Рассматривается подвеска колес свечного типа, угловые перемещения механизма подвески относительно рамы машины отсутствуют. Подвеска опорных и поддерживающих колес жестко крепится к раме машины, которая представляет собой недеформируемый остов.

На основе динамической модели разработана математическая модель с учетом расположения центра глобальной декартовой системы координат в нижнем левом углу моделируемого пространства.

Таким образом, представлена пространственная математическая модель самосвала с шарнирно-сочлененной рамой, грузоподъемностью 50 т. Математическая модель составлена на основе динамической модели, учитывающей массово-геометрические параметры и характеристики жесткости подвески самосвала.

С помощью математической модели, решенной в специализированном программном обеспечении, получены ускорения, скорости и перемещения элементов подвески и задней полурамы самосвала, что позволило определить значения усилий, действующих на раму при движении машины. Серией предварительных экспериментов установлено, что наихудшим случаем нагружения при высоте препятствия 0,3 м является наезд одновременно двумя колесами второй оси. Коэффициент динамичности в этом случае равен 1,6. Получены усилия, действующие на раму в местах крепления подвески, что позволяет выполнить анализ металлоконструкции рамы на прочность методом конечных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. БеЛАЗ годы динамичного развития. Режим доступа http://www.belaz.by/catalog/products/dumpcrosscountry/7528/specification/ дата доступа 12.12.13.

2. **Лесковец, И. В**. Определение параметров подвески в имитационной модели гусеничного движителя / И. В. Лесковец // Вестн. Белорус. гос. ун-та трансп. – 2008. – № 1. – С. 126–129.

3. **Лесковец, И. В.** Структура имитационной модели гусеничной машины / И. В. Лесковец // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 4. – С. 57–59.

4. **Лесковец, И. В.** Методы моделирования гусеничных машин / И. В. Лесковец, В. В. Береснев // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 26–32.

– введен в основную комплектацию трактора порошковый огнетушитель;

– в руководство по эксплуатации введен дополнительный раздел по пожарной безопасности.

Также были даны рекомендации Минсельхозпроду по снижению пожарной опасности тракторов при эксплуатации:

– перед выходом сельскохозяйственной техники на работы проводить обязательный осмотр электрического оборудования тракторов с целью обнаружения участков электрической цепи с поврежденной или утратившей защитные свойства изоляцией, а также поврежденных защитных оболочек проводов. Особое внимание обращать на электрооборудование, расположенное в непосредственной близости от нагретых поверхностей (двигатель, элементы системы выпуска отработавших газов) и в непосредственной близости от элементов топливной системы;

– в обязательном порядке производить очистку двигателя, узлов и деталей тракторов от подтеков горюче-смазочных материалов (моторное масло, дизельное топливо, гидравлические жидкости и т.д.), так как они оказывают разрушающее действие на изоляцию электрических проводников, а также очистку двигателя, узлов и деталей тракторов от пыли и мусора, скапливающихся в моторном отсеке при проведении сельскохозяйственных работ;

– при обнаружении повреждений целостности изоляции электрических проводников сельскохозяйственной техники принимать неотложные меры по устранению выявленных дефектов и повреждений, не допускать выхода техники на сельскохозяйственные работы без устранения данных дефектов и повреждений;

– не допускать несанкционированных подключений дополнительных устройств к электрооборудованию с нарушением правил устройства электроустановок и пожарной безопасности;

– не допускать использования некалиброванных плавких вставок («жучков»).

УДК 629.114.2

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ, ИСКЛЮЧАЮЩИХ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРОВ ТРАКТОРОВ СЕРИИ 3022 ПРОИЗВОДСТВА РУП «МТЗ»

С. Д. МАКАРЕВИЧ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

Научно-практический центр Могилевского областного управления МЧС в соответствии с договором НИР заключенным с РУП «МТЗ» проводит исследования по установлению причин возгорания тракторов производства РУП «МТЗ» серии 3000.

За период с июня 2012 года по настоящее время проведены исследования возгораний десяти тракторов серии 3000 на территории Республики Беларусь, а также ряд экспериментов с участием представителей предприятия, Минсельхозпрода, Минпрома и др. В результате исследований и экспериментов установлено, что причинами пожаров на тракторах являются:

– система выпуска отработавших газов, представленная стальной выхлопной трубой, обернутой стекловолокном и стеклотканью (расположена с правой стороны по ходу движения);

– топливная система, представленная двумя резинотканевыми топливопроводами (топливопровод подачи топлива к двигателю с левой стороны, топливопровод обратной системы между кабиной и двигателем проходит с левой на правую сторону);

– электрическая система, обеспечивающая функционирование двигателя;

– система очистки воздуха.

В результате исследований и выработанных рекомендаций при производстве тракторов были внедрены следующие мероприятия:

– внедрен выхлопной тракт с применением неповреждаемых теплоизоляционных материалов производства фирмы VestFalij, Чехия;

– шумоизоляция передней стенки кабины выполнена из термостойкого материала;

– в системе рулевого управления внедрены термостойкие сливной и всасывающий рукава фирмы Hydroscand, Швеция;

– в ЗИП трактора внесен комплект дополнительных предохранителей и плавких вставок;

– внедрена дополнительная защита стартера;

– на системе очистки воздуха установлен обратный клапан для предотвращения попадания в систему искр, горячего воздуха от выхлопного тракта;

УДК 625.08

ВИБРАЦИОННЫЙ КАТОК С ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕМ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

С. Б. ПАРТНОВ, П. С. ВЕРЕТЕННИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время одним из важнейших условий строительства дорог является долговечность покрытия и сохранение его несущих свойств на протяжении длительного срока. Уплотнение является завершающей операцией строительства дорожного покрытия, и качество ее проведения определяет безубыточность строительства.

Современная техника по уплотнению становится не только дороже из года в год, но и больше по массе и габаритам, что крайне невыгодно строительным организациям, так как происходит увеличение финансовых затрат на транспортирование такой техники, на ее содержание и эксплуатацию.

Исследование процесса уплотнения с самого начала его развития идет в трех основных направлениях. Это возможность плавного регулирования величины контактного давления в зоне контакта с материалом от прохода к проходу для приведения его к величине предела прочности уплотняемого материала, что приведет к сокращению типоразмеров катков. Вторым направлением совершенствования процесса уплотнения является использование сочетания двух методов уплотнения – в частности укатка и трамбование, что позволит увеличить глубину проработки материала и сохранить предполагаемое качество уплотнения, при этом сократив число проходов катка, необходимых для доведения материала до заданной плотности. Третьим вариантом совершенствования процесса уплотнения является создание активного рабочего органа с циклическим ударно-укатывающим действием, который многократным воздействием на материал позволяет достичь в уплотняемой среде заданного коэффициента уплотнения.

Актуальным является вопрос создания такого оборудования, которое позволило бы решить данные проблемы, сохранив при этом качество уплотняемого покрытия.

Разработка перспективных моделей процесса уплотнения, позволит реально оценить степень уплотнения и его качество, описать данный процесс на каждой его стадии и тем самым конструктивно упростить существующие технологии в данной области.

Проблема уплотнения весьма разносторонняя и связана с решением комплекса важных вопросов: эксплуатационная надежность и долговечность покрытий, совершенствование существующих и разработка перспективных конструкций уплотняющего оборудования, позволяющих не только миними-

зировать затраты на создание техники, но и сохранить и даже повысить качество проводимых работ.

Необходимо создать такое оборудование, которое позволит адаптироваться к уплотняемому материалу в ходе процесса уплотнения, и будет менять свои рабочие параметры с целью достижения максимального эффекта уплотнения.

Сегодня уже большинство причастных к сооружению дорожных объектов пришло к осознанию того, что уплотнение является если не основной или главной, то по крайней мере ключевой технологической операцией по своей значимости и влиянию на эффективность вкладываемых средств, на качество, надежность и долговечность всего дорожного сооружения.

Наиболее эффективными с точки зрения уплотнения являются вибрационные катки, которые позволяют при меньшей массе получить наибольший уплотняющий эффект. Однако имеются объекты, в близи которых уплотнения виброкатков нежелательно (фундаменты зданий, электрокабелям, трубопроводам и мосты). Поэтому в настоящее время актуальным является создание таких конструкций вибрационных катков, позволяющих изменять параметры вибрации на всех этапах уплотнения в зависимости от технологии производства работ.

В работе приводится конструкция вибрационного катка, которая позволяет менять динамические импульсы в зависимости от физико-механических свойств материала и условий эксплуатации. Конструкция предложенного катка позволяет использовать процесс осциляторного воздействия, заключающегося в том, что осцилляторное уплотнение отличается от традиционного виброуплотнения характером действия динамических сил. При традиционном виброуплотнении динамические импульсы действуют в направлении, перпендикулярном к уплотняемой поверхности. Осцилляторные импульсы действуют, главным образом, в горизонтальной плоскости. В предложенной конструкции вальца катка предусмотрен механизм позволяющий расположить центробежные силы, развиваемые дебалансами, в горизонтальной плоскости, при этом они уравновешиваются, и их действие на валец нейтрализуется. При расположении центробежных сил в вертикальной плоскости под действием силы возникают динамические моменты, которые сообщают вальцу в зоне контакта с уплотняемой средой возвратно-поступательные движение в горизонтальном направлении.

При уплотнении асфальтобетонных смесей осцилляция существенно снижает разрушение фрагментов щебеночных включений. Осцилляторные системы позволяют снизить вибрационное воздействие на машину и увеличить срок службы техники.

где p – давление жидкости в приводе, Па; $S_в$, $S_н$ – соответственно площадь активного поперечного сечения поршня сверху и снизу, м^2; $P_{пр}$ – усилие на штоке со стороны пружины, Н.

Для давления в приводе 12 МПа усилие электромагнита на преодоление сопротивления пружины 4 будет равно при диаметре штока 5 мм:

$$P_{пр} = p(S_в - S_н) = 12*10^6(0{,}8*10^{-4} - 0{,}6*10^{-4}) = 240 \text{ Н}.$$

При диаметре штока 10, 4 и 3 мм необходимое усилие составляет соответственно 960, 156 и 98 Н. Таким образом можно подобрать наименьшую мощность электромагнита, изменяя диаметр штока модулятора.

Для определения хода поршня 2 исходим из условия, что жидкость, выходящая из рабочего тормозного цилиндра при растормаживании колеса, должна переместиться в полости цилиндра 1 (рис. 1). Уравнение, описывающее это условие, следующее

$$V_{рц} = V_в - V_н = V_в - (V_в - V_{нш}) = V_{нш} = S_{нш} * h_ш, \qquad (2)$$

где $V_в$, $V_н$ – соответственно объемы верхней (поршневой) и нижней (штоковой) полостей цилиндров, м^3; $V_{нш}$ – объем штока на длине его хода, м^3; $S_{нш}$ – площадь поперечного сечения штока, м^2; $h_ш$ – ход штока, м.

Объем жидкости $V_{рц}$, выходящей из рабочего тормозного цилиндра, соответствует перемещению его поршня поперечным сечением $S_{рц}$ на величину зазора Δ между упругим кольцом и торцом канавки поршня и равен

$$V_{рц} = S_{рц} * \Delta \ . \qquad (3)$$

Из формул 2 и 3 определим ход $h_ш$ штока модулятора по выражению

$$h_ш = V_{рц} / S_{нш} \ . \qquad (4)$$

Так, для диаметра нижней части штока 5мм ход его составляет 20 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усовершенствованный регулятор тормозных сил / В. В. Геращенко [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 6. – С.16–17.

УДК 629.113

РАСЧЕТ МОДУЛЯТОРА АБС

В. П. ЛОБАХ, Н. А. КОВАЛЕНКО, Р. Н. ДАНИЛКОВИЧ, А. В. КАЛЯДИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Современное развитие автотранспортных средств идет в направлении повышения его безопасности, и в первую очередь, безопасности движения. Эту проблему можно частично решить за счет применения более совершенных конструкций элементов тормозных систем, таких как АБС. Предложенные ранее различные схемы АБС[1] и др. включают три блока: гидравлический блок тормозной системы, блок регулирования подачи тормозной жидкости в рабочий цилиндр тормозного механизма (модулятор) и электронный блок управления блокировкой колеса.

Для функционального расчета цилиндра модулятора используем схему (рис. 1). При этом искомыми параметрами примем объем подаваемой в рабочий тормозной цилиндр тормозной жидкости при затормаживании колеса и удаляемой из него при растормаживании колеса и силу со стороны электромагнита, необходимую для принудительного перемещения поршня 2.

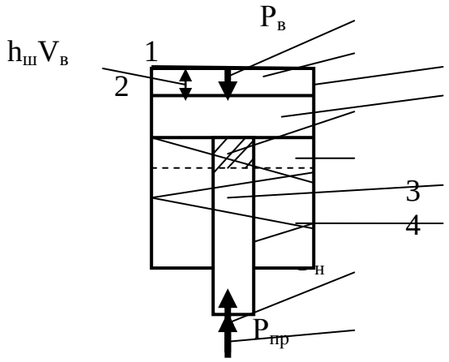


Рис. 1. Схема к расчету модулятора: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – шток поршня; 4 – пружина

Необходимое усилие для перемещения поршня 2 определим, учитывая особенности конструкции модулятора, в котором поршневая и штоковая полости соединены между собой и имеют равное давление жидкости. Благодаря этому для перемещения поршня 2 требуется электромагнит небольшой мощности, усилие на сердечнике которого можно определить из выражения равновесия поршня 2 формула (1) и которое равно усилию пружины 4 ($P_{пр}$).

$$P_в = P_н + P_{пр}, \quad S_в * p = S_н * p + P_{пр}, \qquad (1)$$

УДК 62–82

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО МОДУЛЯ ОБЪЕМНОЙ УПРУГОСТИ УЧАСТКА НАПОРНОЙ МАГИСТРАЛИ ГИДРОПРИВОДА

В. Б. ПОПОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Одной из основных характеристик заполняющей гидропривод подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства рабочей жидкости (РЖ) является её модуль объемной упругости (МОУ).

Используемая в гидроприводе мобильных машин РЖ представляет собой двухфазную гидровоздушную смесь (ГВС). Её МОУ зависит от содержания нерастворенного в РЖ воздуха и начального давления. Из-за значительно большей сжимаемости воздуха МОУ двухфазной ГВС ниже, чем у однородной РЖ, причем это уменьшение становится существенным при малых давлениях. МОУ реальной РЖ – E_c при адиабатическом характере ее деформации и изменении давления от 1 до 20 МПА с точностью до 0,1% определяется по формуле

$$E_c(p) = \frac{a \cdot \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{n}} + (1-a) \cdot \left(\frac{E_a + A \cdot p_0}{E_a + A \cdot p}\right)^{\frac{1}{A}}}{\frac{a}{n \cdot p} \cdot \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{n}} + \frac{1-a}{E_a + A \cdot p}}, \qquad (1)$$

где a – относительный процент содержащегося в РЖ нерастворенного воздуха; p_0–давление в ГВС на участке (в узле) напорного тракта; p–текущее давление на участке; n – показатель адиабаты (для воздуха); E_a – МОУ РЖ при нормальном атмосферном давлении; A – коэффициент роста МОУ при росте давления на участке.

Увеличение объема воздуха в ГВС может привести к неустойчивости переходного процесса и часто вызывает снижение КПД гидропривода, а также скорости передачи сигналов от гидронасоса к гидроцилиндрам.

Помимо учета влияния сжимаемости пузырьков воздуха при анализе динамики гидропривода необходимо учитывать также упругие свойства магистралей, по которым подается РЖ. МОУ для деформирующихся полостей – металлических трубопроводов, армированных резиновых шлангов и гидроцилиндров определяется по выражению

$$E_{пр} = \frac{E_c(p)}{1 + \frac{E_c(p)}{E_m} \cdot \frac{D}{\delta}}, \qquad (2)$$

где D, δ – соответственно внутренний диаметр и толщина стенки полости; E_m – МОУ материала, из которого изготовлена соответствующая полость.

В общем случае коэффициент податливости участка гидромагистрали (величина обратная приведенному МОУ участка) с учетом находящегося в нем объема ГВС и комбинации полостей определяется по формуле

$$\psi = \frac{1}{E_c(p)} + \frac{\alpha_T \cdot D_T}{E_T \cdot \delta_T} + \frac{\alpha_Ш \cdot D_Ш}{E_Ш \cdot \delta_Ш} + \frac{\alpha_Ц \cdot D_Ц}{E_Ц \cdot \delta_Ц}, \quad (3)$$

где α_T, $\alpha_Ш$, $\alpha_Ц$ – части объема гидромагистрали, занимаемые соответственно металлическими трубопроводами, армированными шлангами и гидроцилиндрами (причем объемы последних, из-за перемещения поршней гидроцилиндров являются переменными); E_T, $E_Ш$, $E_Ц$ – МОУ материалов, из которых изготовлены полости; D_T, δ_T; $D_Ш$, $\delta_Ш$; $D_Ц$, $\delta_Ц$ – внутренний диаметр и толщина стенки трубопровода, армированных шлангов и гидроцилиндров соответственно.

Как видно из выражений (1–3) определение приведенного МОУ участка требует не только кропотливых расчетов, но и определения процента воздуха, содержащегося в ГВС, что трудновыполнимо.

Для оценки жесткости гидромеханической системы, состоящей из напорного тракта гидропривода и звеньев механизма навески (МН) универсального энергетического средства “УЭС-2-280А”, предлагается провести измерения смещения штоков гидроцилиндров ПНУ относительно их гильз в транспортном положении без рабочей машины и с рабочей машиной. Нагрузка со стороны рабочей машины приводится к штокам и определяется по выражению

$$F = \frac{P \cdot I}{\eta},$$

где P – вес рабочей машины; I – передаточное число МН; η – КПД МН.

Полученные результаты измерений смещений правого и левого штоков усредняются и используются для расчета значения приведенной жесткости гидропривода подъемно-навесного устройства по закону Гука. Жесткость гидропривода – $C_г$ связана с искомым приведенным МОУ напорного тракта известным выражением:

$$C_г = \frac{E_{пр} \cdot F_н^2}{V}, \quad (4)$$

где F_H – площадь поршней гидроцилиндров со стороны напорного тракта; V – объем РЖ в напорном тракте.

Таким образом, зависящий от сложноопределяемых параметров приведенный МОУ– $E_{пр}$, может с достаточной для инженерных расчетов точностью быть определен по результатам замера “утапливания” штоков, а также расчетов приведенной к штокам нагрузки и объема РЖ в напорном тракте гидропривода.

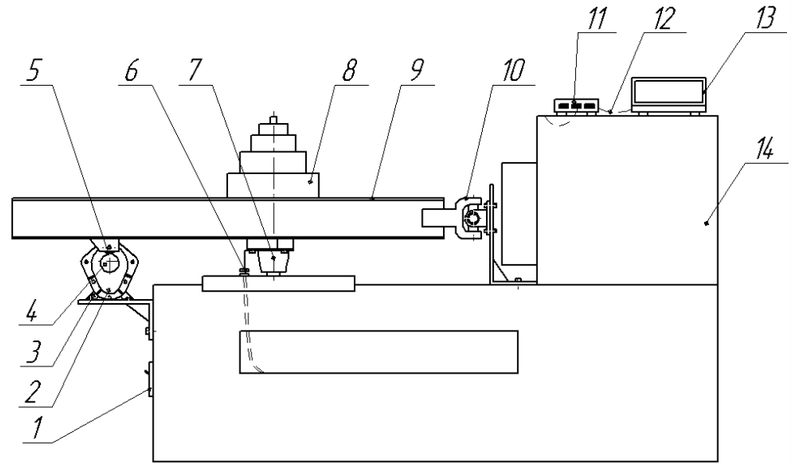


Рис. 1. Стенд имитационных испытаний опор кабины водителя колесного трактора: 1 – пусковое устройство; 2 – одноступенчатый цилиндрический редуктор; 3 – приводной электродвигатель переменного тока; 4 – кулачок-эксцентрик; 5 – подшипниковая опора; 6 – магнитоэлектрический датчик ДХК-05А; 7 – испытуемая опора (виброизолятор); 8 – набор грузов; 9 – балка двутаврового профиля с вертикальным расположением стенки; 10 – шарнирное соединение; 11 – устройство ввода аналоговой информации; 12 – интерфейсный кабель; 13 – ПЭВМ; 14 – рама стенда

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амельченко, Н. П.** Подвеска сиденья водителя колесного трактора / Н. П. Амельченко, В. А. Ким. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 187 с.

2. **Ким, В. А.** О некоторых мерах гашения колебаний на сиденье колесного трактора / В. А. Ким, О. В. Билык, Н. П. Амельченко // Вестн. МГТУ. Транспортные и строительные машины. – 2001. – № 1. – С. 77–82.

3. **Силаев, А. А.** Спектральная теория подрессоривания транспортных машин / А. А. Силаев. – М. : Машиностроение, 1972. – 192 с.

4. **Пат. 80003 РФ, МПК G 01 M 19/00**. Стенд для испытания амортизаторов / А. С. Кастанов, В. Ф. Семёнов, В. Н. Иванов ; заявитель и патентообладатель ОАО «СКБИМ». – № 2008138444/22 ; заявл. 26.09.08 ; опубл. 20.01.09, Бюл. № 2. – С. 2.

5. **Пат. 104714 РФ, МПК G 01 M 7/02.** Стенд для испытания виброизоляторов/ В. В. Шеховцов, А. В. Победин, В. П. Шевчук, М. В. Ляшенко, К. В. Шеховцов, Д. В. Бусалаев ; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «ВолгГТУ». – № 2010152217/28 ; заявл. 20.12.10 ; опубл. 20.05.11, Бюл. № 14. – С. 2.

УДК 624.437.42:624.071.324

СТЕНД ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ВТОРИЧНОГО ПОДРЕССОРИВАНИЯ КАБИНЫ ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

Д. А. ЛИННИК
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Я. Купалы»
Гродно, Беларусь

Основное внимание при решении задач виброзащиты водителя колесного трактора уделяется подвеске сиденья водителя [1, 2].

При решении задачи вторичного подрессоривания сиденья водителя колесного трактора возникает вопрос о выборе оптимального сочетания характеристик упруго-диссипативных элементов подвески [1–3].

В настоящее время существуют стенды, позволяющие проводить испытания амортизаторов [4], виброизоляторов [5]. Недостатком представленных конструкций стендов является то, что они не предусматривают возможности проведения испытаний амортизаторов и виброизоляторов характерных для них условий эксплуатации, т. е. в режиме вынужденных колебаний.

С этой целью был разработан и изготовлен стенд имитационных испытаний опор кабины водителя колесного трактора (рис. 1).

Данный стенд позволяет провести испытания и определить оптимальное сочетание характеристик упруго-диссипативных элементов подвеске кабины колесного трактора в режиме вынужденных колебаний.

Стенд содержит раму 14, балку двутаврового профиля с вертикальным расположением стенки 9, которая через шарнирное соединение 10 связана с кронштейном рамы стенда, набора грузов 8 (рис. 1). Между основанием балки 9 и рамой стенда 14 устанавливается опора испытуемого виброизолятора 7 с магнитоэлектрическим датчиком 6.

На отдельном основании установлен приводной электродвигатель переменного тока 3 с одноступенчатым цилиндрическим редуктором 2 и связанный с ним нагружающий кулачок-эксцентрик 4, контактирующий с балкой 9 через подшипниковую опору 5. Для преобразования аналогового сигнала от магнитоэлектрического датчика 6 в цифровой сигнал используется устройство ввода аналоговой информации 11 (рис. 1). Через интерфейсный кабель 12 цифровой сигнал от устройства ввода аналоговой информации 11 передается на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) 13. С помощью программного обеспечения “Осциллограф” определяются действующее значения сигнала от магнитоэлектрического датчика.

Стенд на рис. 1 относится к машиностроению, а именно к конструкциям стендов для испытаний виброизоляторов.

УДК 630*36

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ ГОЛОВОК

С. Е. АРИКО, В. А. СИМАНОВИЧ, А. И. СМЕЯН, С. Н. ПИЩОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Эксплуатация валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (харвестеров) в Республике Беларусь показала, что высокий уровень выполнения технологических операций обеспечивается конструкцией и техническими параметрами отдельных ее элементов. Наиболее сложным и многофункциональным оборудованием данных лесозаготовительных машин является валочно-сучкорезно-раскряжевочная головка. Ее ресурс в 2–3 раза меньше срока службы харветсеров. Поэтому с выбором параметров харветсерных головок сталкиваются не только их производители, но и лесозаготовительные организации, осуществляющие рубки леса системой машин «харвестер – форвардер».

Основными конструкционными элементами харвестерной головки являются захватные рычаги с протаскивающим механизмом, боковые подвижные сучкорезные ножи и срезающий механизм. Наибольшее распространение в качестве срезающего механизма получили цепные консольные пилы [1]. Они имеют малую массу и размеры, позволяют срезать деревья практически любого диаметра, обеспечивают удобство подвода к дереву и качественный срез при валке и раскряжевке дерева. При этом мощность, затрачиваемая на привод механизма срезания дерева при обработке древостоя со средним объемом хлыста 0,27 м^3, не превышает 16 кВт.

Наибольшие нагрузки испытывают зажимные рычаги, которые в процессе создания предварительного натяга позволяют реализовать усилие, в 1,2–1,4 раза превышающее вес обрабатываемого дерева [1, 2]. Это исключает зажим пильного механизма, уменьшает затрачиваемую на пиление мощность и образование сколов комлевой части дерева. Выполнение данного условия требует увеличения усилия прижатия сучкорезных ножей, что приводит к снижению скорости протаскивания дерева в связи с возникновением дополнительных сопротивлений, проскальзыванию дерева в протаскивающем механизме, а также увеличению усилия прижатия подающих вальцов для реализации требуемого тягового усилия. Несмотря на необходимость создания больших усилий прижатия мощность, затрачиваемая на осуществление привода захватных рычагов, составляет 2–8 кВт.

При определении требуемых усилий прижатия сучкорезных ножей и подающих роликов, а также протаскивания дерева при обрезке сучьев необ-

ходимо учитывать, что в ряде харвестерных головок имеется возможность установки дополнительных рычагов с сучкорезными ножами или с подающими вальцами, обеспечивающими повышение усилия протаскивания в 1,2–1,7 раза и обработку деревьев большего объема [3].

Исследованиями установлено, что требуемое усилие на обрезку сучьев изменяется в широком диапазоне, зависит от среднего объема хлыста и породного состава насаждений. Так, для обработки деревьев со средним объемом хлыста 0,27 $м^3$ усилие протаскивания составляет 17,9 кН для сосны и 12,7 кН для березы.

Для эффективной работы харвестерной головки необходимо обеспечить протаскивание дерева со средней скоростью 2,7–5,2 м/с, при этом потребляемая на протаскивание мощность находится в пределах 57–109 кВт. В случае совмещения операций обрезки сучьев и поворота гидроманипулятора требуемая мощность двигателя валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины должна быть на 10% больше мощности, затрачиваемой на привод харвестерной головки при проведении прочисток и прореживаний, и на 27 % – при выполнении проходных и выборочных санитарных рубках [4].

Следует отметить, что при выборе параметров харвестерных головок необходимо учитывать следующие направления совершенствования их конструкций: увеличение производительности за счет повышения скорости обрезки сучьев и раскряжевки; увеличение усилия протаскивания путем установки мощных гидромоторов привода вальцов, а также увеличения числа вальцов, применения гусеничных и комбинированных подающих вальцов; обеспечение возможности обработки искривленных стволов за счет использования короткой базы или составной рамы харвестерной головки; облегчение конструкции головок на основе применения соответствующих материалов; расширение функциональных возможностей путем модернизации конструкции и систем управления[4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федоренчик, А. С.** Харвестеры : учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Федоренчик, И. В. Турлай. – Минск : БГТУ, 2002. – 172 с.
2. **Жуков, А. В.** Проектирование лесопромышленного оборудования : учеб. для вузов / А. В. Жуков. – Минск : Выш. шк., 1990. – 312 с.
3. Зарубежные машины и оборудование для лесозаготовок и лесовосстановления : учеб. пособие / В. Д. Валяжонков [и др.]; под ред. проф. А. К. Редькина. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 238 с.
4. **Арико, С. Е.** Обоснование параметров валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины для рубок промежуточного лесопользования: дис. … канд. техн. наук : 05.21.01 / С. Е. Арико. – Минск, 2012. – 225 с.
5. **Селиверстов, А. А.** Обоснование основных конструктивных параметров харвестерной головки для рубок промежуточного пользования : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Петрозаводск : 2007. – 24 с.

дорожного движения (ПОДД) или дислокацией дорожных знаков (ДДЗ). Они разрабатываются на основе стандартов Республики Беларусь: СТБ 1140 – 99 «Знаки дорожные. Общие технические условия» и СТБ 1300 – 2007 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения». Анализ их содержания показал, что для большинства предупреждающих, запрещающих и предписывающих знаков; знаков приоритета, информационно-указательных, знаков сервиса и знаков дополнительной информации рекомендации по их установке достаточно понятны и не требует дополнительного обоснования или применения специальных методик. Однако для части запрещающих знаков (3.2, 3.3, 3.5 – 3.9, 3.22, 3.27 – 3.30) полностью отсутствуют рекомендации по их установке. А рекомендации по установке знака 3.24.1 не конкретны и допускают их свободное толкование. А ведь именно от установки этих знаков практически напрямую зависит реальная пропускная способность улично-дорожной сети.

Указанные стандарты не позволяют оценить и качество принимаемых решений по установке дорожных знаков, так как в них отсутствуют соответствующие методики. Очевидно, что они должны быть доработаны в части рекомендаций по установке перечисленных знаков. Кроме того, требуется разработка методик, позволяющих оценить качество принимаемых решений по организации дорожного движения для конкретного участка улично-дорожной сети и, в первую очередь, по установке перечисленных дорожных знаков. Каждая из таких методик должна по сути представлять логический алгоритм, позволяющий однозначно принимать решение по каждому из этих знаков.

В качестве обобщающего статистического критерия, позволяющего оценить качество дислокации дорожных знаков для участка УДС, можно рекомендовать следующий показатель:

$$П_К = \frac{А_Ф}{Ч_{ДЗ} Ч_{ДТП}} ,$$

где $А_Ф$ – максимальная фактическая пропускная способность участка дороги, достигаемая в пиковые периоды, авт./час; $Ч_{ДЗ}$ – число установленных на участке дорожных знаков, влияющих на его пропускную способность, ед.; $Ч_{ДТП}$ – количество ДТП, совершенных на данном участке за установленный (или анализируемый) период времени, ед.

Сравнивая его численное значение с аналогичными показателями для образцовых участков УДС, можно оценить уровень организации дорожного движения и, в случае значительного отклонения, рекомендовать пересмотреть ДДЗ с целью его улучшения.

УДК 656.11.05

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕГЛАМЕНТАЦИИ УСТАНОВКИ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА АВТОДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. А КОВАЛЕНКО, *Ю. В. ГОНЧАРОВ, В. П. ЛОБАХ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ВЫСШИЙ КОЛЛЕДЖ МВД
Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

Вступление Республики Беларусь в период ускоренной автомобилизации сопровождается ростом экономических, экологических и социальных затрат при осуществлении дорожного движения. Кроме того, растут потери от увеличения численности дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Эти потери во многом объясняются несоизмеримостью темпов роста интенсивности дорожного движения и развития улично-дорожной сети (УДС), серьезным отставанием существующих методов и технологий организации дорожного движения от современных требований.

Следствием этого является снижение пропускной способности УДС и увеличение численности ДТП. Так, за десять месяцев 2013 года в Республике Беларусь было совершено 3621 ДТП, в которых погибли 688 человек и 3858 получили ранения.

И если потери от совершения ДТП можно хотя бы приблизительно оценить, то потери от несоответствия пропускной способности УДС и фактической интенсивности транспортных потоков определить достаточно сложно, поскольку для этого необходимо учитывать потери от перерасхода топлива транспортными средствами, от увеличения выбросов вредных веществ и отработавших газов, от потерь рабочего времени водителей, снижения производительности транспортных средств и др.

Полноценное решение данной проблемы возможно лишь при развитии и модернизации УДС, однако такой подход требует значительных финансовых, материальных и трудовых ресурсов, а сам процесс будет занимать достаточно большой период времени. Поэтому для повышения пропускной способности уже существующей улично-дорожной сети, наиболее полного использования ее возможностей, необходимо повышать эффективность применения стационарных знаков дорожного движения так, чтобы их количество и номенклатура удовлетворяла требованиям безопасности дорожного движения и одновременно соответствовала бы сложившейся интенсивности движения транспортных средств в конкретных дорожных условиях.

В настоящее время для каждой конкретной улицы или дороги виды знаков, их количество и место установки определяются проектом организации

ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL MODEL OF THE DIESEL ENGINE INJECTOR

A. BĄKOWSKI, L. RADZISZEWSKI, J. JAROSZEWICZ
Kielce University of Technology Poland
Bialystok University of Technology Poland

The test engine used for these measurements was a 3-cylinder compression-ignition Perkins AD3.152 UR. Selected parameters of its performance were tested on the test rig capable of measuring: pressure in the combustion chamber, pressure in the injection pipe, injector needle lift, crank angle. The experimental studies conducted using an engine dynamometer included measurements of the pressure in the injection pipe, in-cylinder pressure and the needle lift. Values from 50 full engine working cycles were recorded as a function of the crank angle with an increment of 1.4^{o} for each parameter, which gave 512 measurement points within one engine working cycle. This study used the results obtained for the engine working at full load at the variable rotational speeds from 1000 to 2000 rpm. The engine ran on diesel or bio fuel.

The first step in the development of an analytical-experimental model of an injector was to carry out a statistical analysis of the tests results for checking stationarity and compatibility of the variables distribution with normally distributed data. The analyses rendered the signals stationary. Autocorrelation function was analysed in this study to confirm the stationarity of the signals. The Lilliefors the Pearson and the Jarque-Bera tests were carried out to determine unequivocally whether the measurement dataset distribution could be said to be compatible with the normal distribution. Analysis of the results confirmed– there was no reason to reject the null hypothesis H0. Analysis of the maximum values of the needle lift recorded for the consecutive engine working cycles indicates that the signal is stationary but for the speeds 1200, 1400, 1600 and 1800 rpm, at least one of the tests provides evidence to reject the H0. In calculations of the fuel dose injected using dependence, parameter $\Delta P$is used relating to the pressure difference between, most often, the injector line and the cylinder. It is thus warranted to attempt building a model that will help track pressure changes in the sac volume and the dose of the fuel injected. For that purpose, analytical dependencies were formulated and experimental data were used. Then selected parameters of the injector model were identified and computer simulations of the injector needle lift and the fuel dose injected were made. The flow continuity equation for the sac volume can be written as

$$\frac{V_S}{E_S}\frac{dp_S}{dt} = \mathrm{sgn}(p_W - p_S)\mu_g A_g\sqrt{\frac{2}{\rho_l}|p_W - p_S|} - \varepsilon_S\mu_r A_r m\sqrt{\frac{2}{\rho_l}|p_S - p_C|} - \frac{dV_S}{dt}$$

where: p_W, p_S, p_C – pressure in the intake tube, sac volume and engine cylinder, respectively, $\frac{dV_S}{dt}$ – a change in the volume of the nozzle cavity in the function of time resulting from the injector needle lift. Dynamic equation of the injector needle motion will have the form:

$$m_W \frac{d^2 h_i}{dt^2} = -\beta_W \frac{dh_i}{dt} - k_{SW}(h_i + h_{W0}) + p_W(A_{ip} - A_i) + p_S A_i - T$$

where: $T = f(p_s)$ – other resistive forces affecting the needle motion (friction forces T).

It was assumed that the sum of these forces is proportional to the pressure in the sac volume $T = f(p_s) = -\text{signum}\left(\frac{dh_i}{dt}\right) \cdot \mu p \cdot p_s$. The quantities used in calculations although connected with the cyclic process, take different values in consecutive engine working cycles. The model proposed here helps determine the values of pressure in the sac volume p_s, the fuel dose injected and the needle lift h_i. The last of these parameters is used to validate the model. The unknown quantities to be identified are the viscous friction coefficientβ_w, spring constantk_{sw} and coefficientμp. Identification and determination of the changes p_s and the fuel dose injected should be performed within the crank angle range selected for analysis. Examples of simulation results for the needle lift are shown in fig. 1.

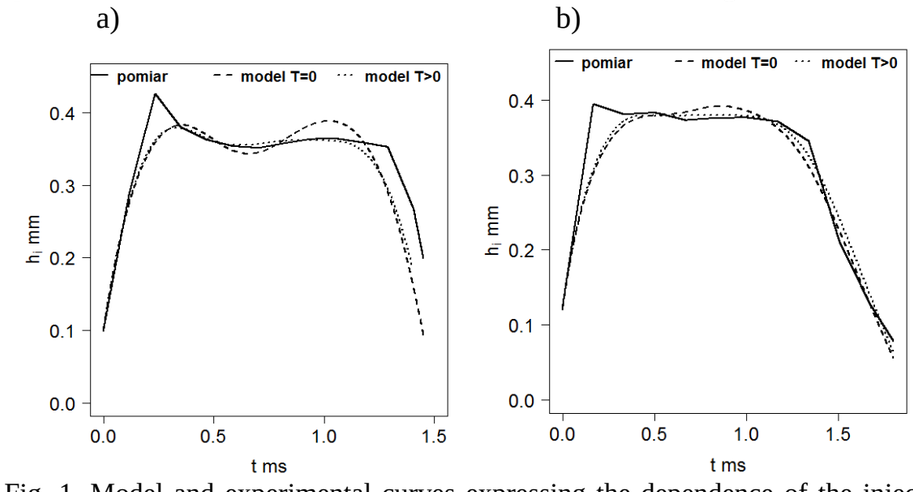


Fig. 1. Model and experimental curves expressing the dependence of the injector needle lift on time for: a – an engine supplied with diesel; rotational velocity of the crankshaft n=2000 rpm; b – an engine supplied with biofuel; rotational velocity of the crankshaft n=1400 rpm

The analytical-experimental injector model proposed here correctly determines the sac volume pressure changes and the needle displacements. The calculated dose of the injected fuel, after identification of the proposed injector model parameters, varies from the theoretical dose by approximately 3 %.

– все экстремумы, включая минимумы и максимумы потенциальных функций внешних и внутренних процессов и их первой, второй и последующих производных, являющихся точками бифуркаций и перехода в новое структурное и качественное состояние. Это может происходить с накоплением потенциальной энергии или катастрофического разрушения системы;

– увеличение частоты странных аттракторов (удвоение, утроение) перед точкой (временем) возникновения бифуркации, повышение высокочастотной колебательной активности системы перед катастрофой;

– если структура после точки бифуркации сохраняет свое устойчивое равновесие и целостность, то ее потенциальная энергия увеличивается; если структура разрушается, то накопленная потенциальная энергия выделяется во внешнюю среду;

6) внешние космические и гелиогеофизические факторы влияния (изменения фаз Луны, изменение солнечной активности, изменения положения и сдвиг земной оси);

7) предвестники подготовки, запуска и инициирования аварий и катастроф.

Предвестники – это переменные физические, биологические и социальные процессы и их параметры с длительными и короткими периодами больших и незначительных изменений.

Предвестники природных катастроф – метеорологические явления, локальное изменение атмосферного давления и структуры барических полей; изменение локальной гравитационной постоянной; изменение уровня грунтовых вод; изменение электрических характеристик почвы: сейсмический шум; выделение из почвы инертных газов, изменение локальной концентрации гелия и других инертных газов.

Предвестники техногенных катастроф – скачки рабочих параметров; мелкие аварии и отказы систем и элементов.

Предвестники социальных и гуманитарных катастроф – рост мелких уголовных преступлений; террористические акты; увеличение числа локальных конфликтов; вспышки заболеваний.

Численное выражение частотно-временных закономерностей возникновения аварий и катастроф вследствие изменения внешних и внутренних процессов позволяет рассчитать прогностические функции. Признаком формирования условий для возникновения аварии или катастрофы является возникновение локальных предвестников, которые образуются за месяцы, недели или сутки до аварии и соответствуют времени пиков прогностических функций. По мере приближения к критическому дню аварии их количество увеличивается. На основе сочетания данных геофизического и технического аварийного мониторинга и расчетных прогностических функций может быть создана система раннего предупреждения о формировании условий возникновения аварий сложной системы.

УДК 335.58

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ В ТЕХНОГЕННЫХ И БИОСОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Е. В. ЖАРАВОВИЧ, И. Н. ФОЙНИЦКАЯ, А. А. ЖИКАНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Создание системы раннего предупреждения об авариях сложных технических и биосоциальных систем возможно при знании закономерностей, формирующих условия возникновения катастроф.

Все катастрофы имеют общие закономерности. Существование данных закономерностей является следствием того, что, воздействуя извне или внутри системы, обладающей конечными свойствами, они взаимодействуют с ней и с процессами, которые уже идут. В зависимости от свойств этой системы случайные и хаотические процессы могут усиливаться и тем самым «раскачивать» систему, приближая и инициируя катастрофу.

Можно выделить следующие группы общих свойств, законов, эффектов-принципов, сопутствующих и проявляющихся в катастрофических процессах любого вида:

1) единство свойств и процессов окружающей среды и историческая «память» сложных структур к прошлым внешним воздействиям и накопление откликов, периодически возникающих в системе при отсутствии внешнего воздействия;

2) свойство устойчивого равновесия процессов внешнего и внутреннего системного взаимодействия, выравнивание объемной плотности энергии и самоорганизация структурных зон; если объемная плотность энергии отдельно взятой локальной зоны отличается от соседей, то между ними существует напряженность (давление, сила), которая действует на соседние структуры или элементы, ограничивающие ее выравнивание: эти силы и давление создают системную неустойчивость, стремятся вызвать взаимную перестройку и самоорганизацию системы или разрушают систему;

3) процессы взаимовлияния и резонансные взаимодействия – при внешних воздействиях хаотичные и случайные процессы имеют склонность упорядочиваться, усиливаться или ослабевать в соответствии со свойствами сложной системы и процессами, которые в ней уже идут;

4) пространственно структурные свойства процессов в системе, проявление эффекта возврата колебательной активности в сложных системах и структурах с нелинейными связями;

5) математические условия и закономерности возникновения катастрофы:

УДК 629.113.004.5

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, О. В. БИЛЫК, С. В. ЛИХТАР, И. Н. АНДРЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проведенные исследования работы дизельных двигателей дали основания предложить метод диагностирования дизельных двигателей на стенде, заключающийся в том, что диагностируемый дизельный двигатель устанавливают на стенд, содержащий электрический тормоз, карданный вал, соединяющий вал двигателя с валом тормоза, снабженный бесконтактными датчиками крутящего момента и частоты вращения двигателя и измерительными приборами с пультом управления, задают скоростной и нагрузочный режимы работы диагностируемого двигателя, измеряют часовой расход топлива и, сравнивая полученное значение расхода топлива с нормативным значением, соответствующим исправному двигателю, принимают решение о техническом состоянии двигателя.

Для реализации предложенною метода диагностирования дизельного двигателя был разработан бесконтактный датчик момента, включающий в себя два стальных металлических диска с выступами и прорезями, установленные по концам гладкой поверхности карданного вала, при этом угловое измерение каждого выступа и прорези было принято равным пяти градусам. Для этого диски изготовлены с тридцатью шестью выступами и тридцатью шестью прорезями. На расстоянии, равным одному миллиметру от дисков, установлены катушки индуктивности с магнитными сердечниками. При вращении вала и нагружении его на выводах катушек индуктивности формируются импульсы, при этом импульсы от катушки индуктивности, расположенной у тормоза, запаздывают по фазе относительно импульсов, сформированных на выходе катушки индуктивности, расположенной у двигателя.

Сформированные импульсы поступают на входы триггера, на выходе которого появляются прямоугольные импульсы, длительность которых пропорциональна моменту на валу. Триггер был выполнен в двух вариантах: с использованием логических элементов, а также в простейшем варианте с использованием транзисторов. Для сглаживания прямоугольных импульсов применен фильтр низших частот, который соединен с выходом триггера согласующим усилителем. К выходу фильтра подсоединен измерительный прибор. Отличительной особенностью разработанных устройств является их надежность и малая стоимость.

УДК 621.9

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРИБОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В. В. ГЕРАЩЕНКО, К. Д. МИРОНОВ, Е. С. САНДРИГАЙЛО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Выпускаемые машины отличаются недостаточной топливной экономичностью и большими затратами на эксплуатацию по многим причинам, в том числе из-за того, что они недостаточно оснащены устройствами диагностирования как агрегатов так и отдельных приборов.

Недостатком известного электронного тахометра, содержащего транзисторы, резисторы и конденсаторы, является снижение точности измерения частоты вращения в процессе эксплуатации. Объясняется это тем, что в процессе эксплуатации изменяются параметры его резисторов, конденсаторов, транзисторов, вследствие чего изменяется время открытого и закрытого состояния транзисторов, изменяется длительность формируемого в тахометре прямоугольного импульса, поступающего на измерительный прибор и в систему дозирования топлива. Поэтому точность результатов измерения частоты вращения двигателя снижается, что в свою очередь вносит погрешность в определение длительности импульса впрыска при дозировании топлива. Возникает необходимость в определении технического состояния тахометра, то есть в его диагностировании.

Для более точного измерения частоты вращения двигателя разработано цифровое устройство, подключаемое для проведения операции диагностирования посредством выключателя и выполненное с использованием мультивибратора, работающего в автоколебательном режиме, логического элемента с двумя входами, дифференцирующей цепи с импульсным диодом на выходе, суммирующего электронного счетчика. На выходе счетчика формируется цифровой сигнал, отсчитываемый с помощью восьми светоизлучающих диодов, подключенных к выходу счетчика.

Наличие в устройстве для диагностирования электронного тахометра суммирующего электронного счетчика, выводами соединенного с выходом логического элемента, восьми светоизлучающих диодов, каждый из которых соединен с одним из выводов счетчика, дифференцирующей цепи с диодом позволяет произвести обнуление счетчика, подсчитать и преобразовать на выходе счетчика в код короткие импульсы от мультивибратора в автоколебательном режиме за время, равное длительности импульса от ждущего мультивибратора, а также прочитать и зарегистрировать код на выходе счетчика, сравнить его с нормативным и принять решение о техническом состоянии тахометра, что позволит получить экономический эффект за счет повышения точности работы тахометров.

УДК 630*377.4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРВАРДЕРА В УСЛОВИЯХ ГОЛХУ «ОСИПОВИЧСКИЙ ОПЫТНЫЙ ЛЕСХОЗ»

С. А. ГОЛЯКЕВИЧ, С. П. МОХОВ, С. Н. ПИЩОВ, С. Е. АРИКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время широкое распространение на рубках главного и промежуточного пользования получили погрузочно-транспортные машины (форвардеры). В Республике Беларусь преобладающий их объем составляют отечественные лесные машины, которые обладают различными эксплуатационными свойствами. Это позволяет повысить эффективность проведения рубок леса за счет выбора погрузочно-транспортной машины, имеющей минимальные удельные эксплуатационные затраты.

Исходными данными для расчета являются результаты теоретических и экспериментальных исследований работы харвестера «Амкодор-2551» и форвардера «Амкодор-2661», эксплуатируемых в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз». Экономический эффект при работе харвестера достигается за счет использования рациональных приемов выполнения технологической операции обрезки сучьев на рубках главного пользования, а при работе форвардера – за счет совмещения операций при погрузке сортиментов.

Временные и энергетические затраты на выполнение технологических определялись с использованием разработанной математической модели. Расчеты проведены в ценах по состоянию на 18 ноября 2013 г.

В соответствии с проведенными исследованиями установлены следующие сменные эксплуатационные затраты по сравниваемым вариантам до / после внедрения рекомендаций на форвардере «Амкодор-2661» (харвестере «Амкодор-2551»):

– заработная плата рабочих с учетом начислений – 464,0 (464,0) тыс. р.;

– затраты на амортизацию – 624,7 (957,6) тыс. р.;

– затраты на топливо и смазочные материалы – 643,2 / 695,0 (753,2 / 745,0) тыс. р.;

– затраты на текущий ремонт – 336,0 (384,0) тыс. р.;

– затраты на перебазировку машин – 379,4 (581,2) тыс. р.

Всего эксплуатационных затрат – 2 691,3 / 2 749,0 (3 451,2 / 3 445,8); удельные эксплуатационные затраты – 47,8 / 46,8 (46,0 / 44,8) тыс. р./м3.

Оценка эффективности применения погрузочно-транспортной и валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины в условиях Республики Беларусь при проведении рубок главного пользования показала, что в результате внедрения рекомендаций по выбору режимов и приемов работы ожидаемый годовой экономический эффект от их внедрения для форвардера «Амкодор-2661» составит 61 584 тыс. р., а для харвестера «Амкодор-2551 – 30 290 тыс. р.