МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Могилев, 14–15 апреля 2016 г.

Могилев
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
2016

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); д-р техн. наук, доц. М. Е. Лустенков; д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; д-р техн. наук, доц. С. А. Рынкевич; д-р техн. наук, проф. С. Д. Семенюк; канд. физ.-мат. наук, доц. И. И. Маковецкий

Рецензенты : канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков; 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; канд. техн. наук, доц. Н. А. Коваленко; д-р техн. наук, проф. 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, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 381 с. : ил.

ISBN 978-985-492-167-9.

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 978-985-492-167-9

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2016

УДК 330

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ НАУЧНЫХ ГРУПП В СОВРЕМЕННОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЕ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

О. В. ЛЕОНЕНКО, Л. С. ШАХОВСКАЯ, Е. Э. ГОЛОВЧАНСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь; Волгоград, Россия

Стремительно растущие интеллектуальные ресурсы приводят экономики многих стран к инновационной модели функционирования хозяйства. К началу XXI века в развитых странах мира 25–30 % экономически активного населения составляет «креативный класс» (сфера НИОКР, наукоёмкие отрасли промышленности и сферы услуг), что позволяет говорить о возникновении новой экономики, основанной на творчестве и знаниях, – экономике знаний. По мнению М. Портера, «процветание, особенно в продвинутых экономиках, вытекает из способности национальных компаний создавать, а затем в глобальном масштабе коммерциализировать новые продукты и процессы, осваивая передовые рубежи инноваций тем быстрее, чем ближе конкуренты» [1].

В ближайшем будущем развитие инновационных процессов в реальном секторе экономик Центральной и Восточной Европы будет обеспечиваться за счет конвергенции технологий. Например, растет степень компьютеризации и матемизации научных исследований, которые приводят к появлению конечных продуктов, спроектированных на основании сложных математических моделей и изготовленных при помощи аддитивных технологий. Активную роль в инновационном скачке индустриально развитых стран играет внутрифирменная наука, которая интегрируется в реальный сектор экономики. В таких странах как Великобритания, Франция, Чехия, Германия на ее долю приходится 62–70 % общих затрат на науку, в США – 70 %, в Японии – 77 % [2].

Особая роль в поддержании и обновлении «креативного класса» экономически активного населения государства, региона, компании лежит на университетах. Многие современные российские ученые в своих работах указывают на инертность российской системы высшего профессионального образования, несоответствие ее современным требованиям рынка труда,

высокую сопротивляемость вводимым новшествам на местах, а также значительную зажатость стандартами, обязательными требованиями и бюрократическими рамками [3]. К процессу трансформации всегда следует подходить аккуратно и обдуманно, затрагивая только те подсистемы, изменение которых, в конечном счете, приведет к улучшению работы всей системы.

С учетом научно-прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых можно выделить следующие принципы деятельности предпринимательских университетов: предпринимательское мышление преподавателей, студентов, сотрудников, их способность к адаптации и изменениям, предпринимательская активность, открытость к организационным изменениям и внедрению инновационных идей, высокий уровень научных исследований, системность организационно-экономических отношений всех участников объединения, развитие путем приращения знания их потенциала, интеграция различных стилей и систем ценностей, соблюдение баланса интересов, принятие рисков. Предпринимательские университеты осуществляют не только классические функции вуза: учебную, научно-исследовательскую, интеллектуальную, дополнительного и непрерывного образования, культурную, экономическую, социальную [4]. В деятельности предпринимательских университетов добавляются принципиально новые функции: подготовка инновационно-активных специалистов, трансфер знаний, генерирование научных идей, производство наукоемких идей, технологий, инноваций, коммерциализация (капитализация знаний) разработок, привлечение инвестиций.

С целью обеспечения научно-исследовательской деятельности в университетах республики создаются научно-исследовательские лаборатории. По данным исследования, всего таких лабораторий более 230, однако лабораторий, чья деятельность направлена на инновационную и предпринимательскую деятельность, значительно меньше 15. Они функционируют при следующих учреждениях: ГрГУ им. Я. Купалы, ГГУ им. Ф. Скорины, БГЭУ, БГУ, Институт управления и предпринимательства, БГСХА.

Следовательно, прежде чем рассматривать конкретные примеры функционирования зарубежных и отечественных вузов, искать подходящие инструменты для их успешного развития, надо понять, чем именно отличается традиционный университет от своего предпринимательского аналога [5]. Компаративный анализ удобнее всего проводить на основе сопоставления структурно-функциональных моделей двух данных типов вузов (см. рис. 1, 2).

Научное издание

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Могилев, 14–15 апреля 2016 г.

Авторы несут персональную ответственность за содержание тезисов докладов

Технический редактор И. В. Брискина

Компьютерная верстка И. В. Брискина

Подписано в печать 29.03.2016 г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 22,08. Уч.-изд.л. 24,75.
Тираж 200 экз. Заказ № 231.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

языков в неязыковом вузе……..… 343
НЕЧАЕВА Т.Г., КУНАКИНА Е.В. Инновационная деятельность как основа развития предприятия……..… 345
НЕЧАЕВА Т.Г., РОМАНОВА А.А., ШЕСТЕРНЕВА В.О. Бизнес-планирование как инструмент эффективного управления предприятием……. 347
ПУЗАНОВА Т.В., ЕРМОЛЕНКО А.О. Обоснование путей повышения конкурентоспособности предприятия машиностроения.. 349
РОМАНЬКОВА Т.В., ГРИНЕВИЧ М.Н. Логистика энергоснабжения промышленного предприятия: цель и основные функции…….. 351
РОМАНЬКОВА Т.В., СТЕЖКО Е.С. Влияние инноваций на величину риска промышленного предприятия……... 353
САМАРЦЕВ К.С. Системное управление непрерывным образованием……..… 355
СЕРГЕЙЧИК Н.А. Синтез трудовой теории стоимости и маржиналистской теории полезности…….. 358
СИДОРОВА Т.В., ВЕРЕМЕЕВА И.А. Налоговое администрирование как инструмент улучшения налоговых отношений предприятия……..... 360
ТРЕНИХИН А.П., БАРАНОВСКИЙ А.Г. Основы проведения институциональных трансформаций на промышленных предприятиях……..... 362
ЧУМАЧЕНКО О.И., ПУШКИНА Л.И., ПЕКЕРТ Н.А. Проблемы инновационного развития промышленных предприятий Республики Беларусь……..... 364
ШИРОЧЕНКО В.А., ТОКМЕНИНОВ К.А. Некоторые пути повышения конкурентоспособности продукции и предприятий…….. 366

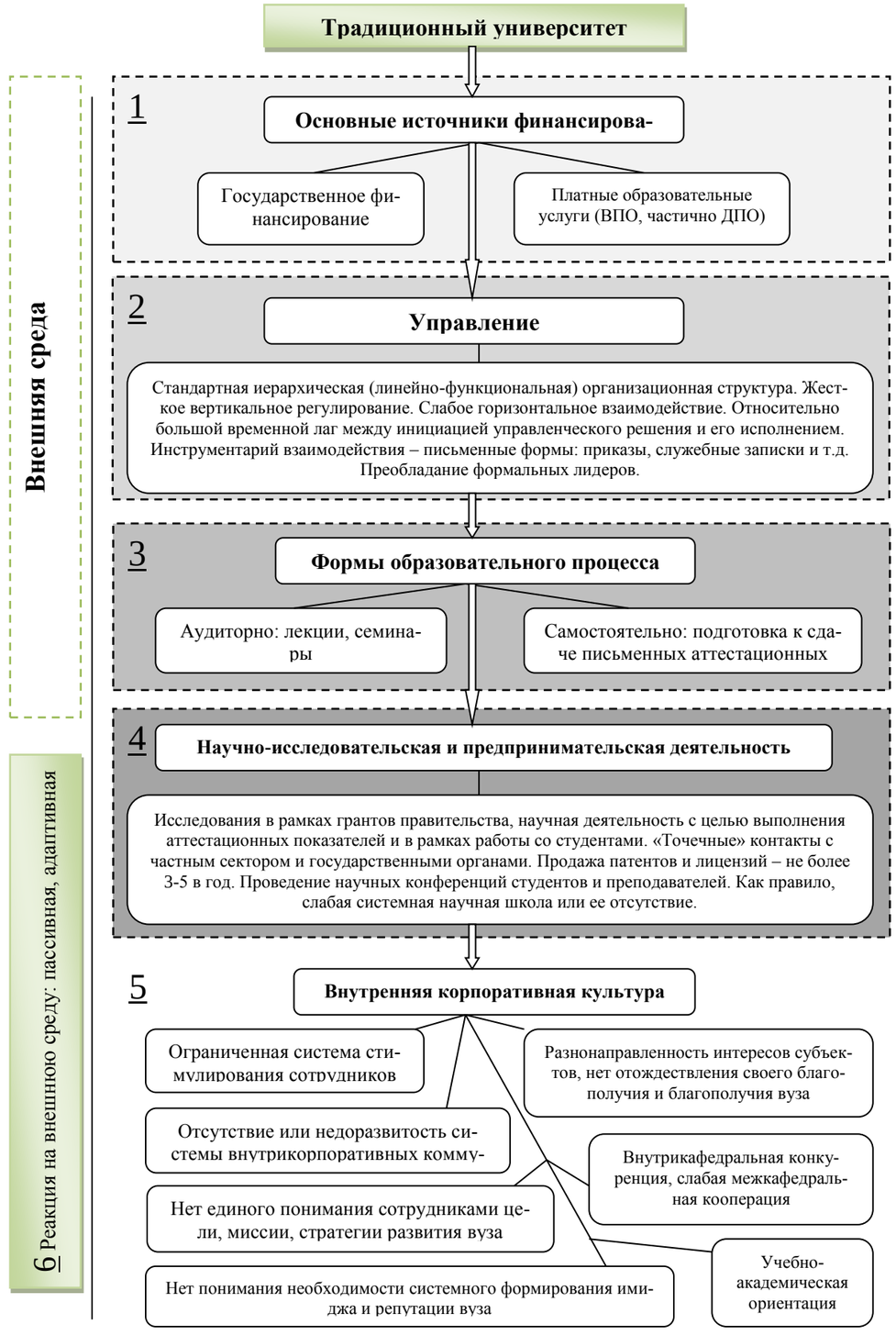


Рис. 1. Структурно-функциональная модель традиционного университета

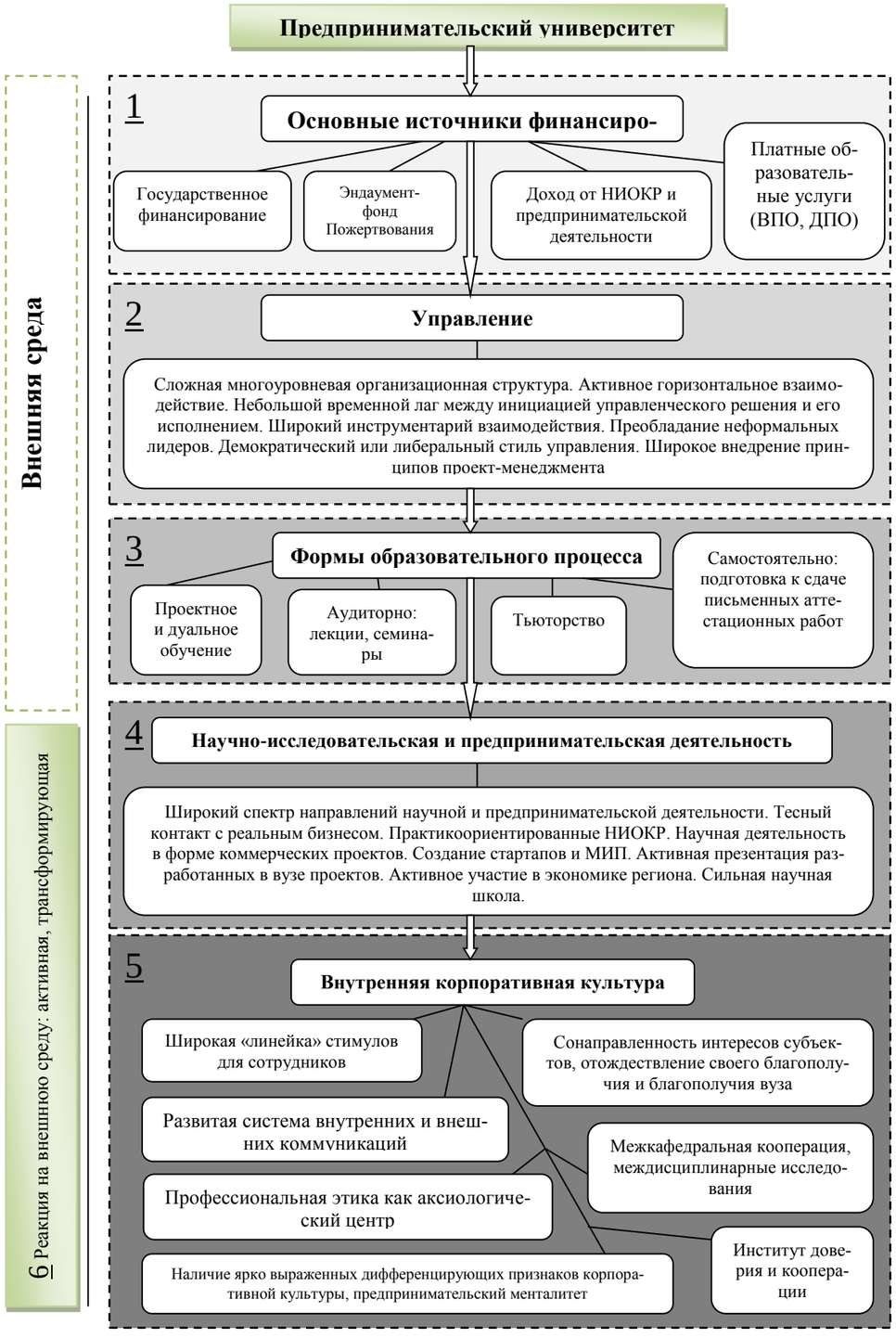


Рис. 2. Структурно-функциональная модель предпринимательского университета

видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка»…… 309
ЯКИМОВ А.И., ВЫГОВСКАЯ Н.В., КОЗЛОВА Л.А. Стандартные модули интеллектуальных электромеханических систем…… 311
ЯКИМОВ А.И., ЗАЙЧЕНКО Е.А., ШЕБАН Т.Л. Построение семантической структуры предметной области в Интернете……... 313
ЯКИМОВ А.И., СИДОРЕНКО А.С., ПРУДНИКОВ В. М. Архитектуры интеллектуальных электромеханических систем…….. 315

Секция 10. Развитие промышленного предприятия: экономика, финансы и инновации

АЛЕКСАНДРЕНОК М.С. Зарубежная практика по привлечению денежных средств в депозиты…….. 317
БАРАНОВСКИЙ А.Г., ТРЕНИХИН А.П. Факторы и условия конкурентоспособности предприятия…… 319
БЛАЖЕВИЧ Г.Н., ЖЕЛТОК Н.С., ПЛАКСИНА М.М. Активизация инновационной деятельности и ее правовое обеспечение…….... 321
БОРОДИЧ Т.А., БОЙЧУК В.В., ТРЕТЬЯКОВА Д.И. Применение метода динамического программирования при управлении запасами производственного предприятия…… 323
ВЕРЕМЕЕВА И.А., СИДОРОВА Т.В. Контроллинг как система управления предприятием…….. 325
ГАЛЮЖИН С.Д., ЛОБИКОВА О.М., ЛОБИКОВА Н.В. Экономическая целесообразность применения тепловых насосов в Беларуси……..… 327
ГАПЕЕВА-СЕРГЕЙЧИК О.О., КАРАНЕВИЧ С.М. Устойчивое экономическое развитие промышленного предприятия: факторы, показатели и методика оценки…… 329
ЖЕСТКОВА Е.С., ЖЕСТКОВА Л.В. Методика выбора оптимального варианта решения при проектировании…… 331
ЗУБКОВ А.С. К вопросу изменения стоимости нематериальных активов по национальным стандартам учета……. 333
КАМИНСКАЯ С.О., САМАРЦЕВ С.Б. Приоритеты образования взрослых……... 335
КУРСОВА И.Я., РУБАНОВА Н.В., СЕДЛУХО О.В. Маркетинговая стратегия фирмы на внешнем рынке……..... 337
ЛОБАНОВА Т.М., СОЛОВЕЙ А.Э. Многокритериальная оценка конкурентоспособности с использованием функции принадлежности…….... 339
МЕДВЕДСКАЯ Т.В., ЧУГУЛЬКОВА Л.М. Альтернативные варианты вложения средств юридических лиц……..… 341
МЕЛЬНИКОВА Е.Н. Роль мотивации в изучении иностранных

напряжений в закаленных стеклах, изготовленных при различных технологических режимах……...…. 281
ХОМЧЕНКО А.В., ВАСИЛЕНКО А.Н., ПАРАШКОВ С.О. Исследование характеристик электрообогреваемых стеклопакетов… 284
ХОМЧЕНКО А.В., ПРИМАК И.У., ВАСИЛЕНКО А.Н. Поляризационная интерферометрия закаленного стекла…….. 286
ШИЛОВ А.В., КУШНЕР А.В., НОВИКОВ В.А. Дефектоскопия объектов различных типоразмеров с использованием визуализирующей магнитные поля пленки……..... 288

Секция 9. Автоматизация, электропривод и электрооборудование
АБАБУРКО В.Н., ЧЕРНАЯ Л.Г., КАНТОР В.Ч. Применение интеллектуальных систем противоаварийной защиты взрывоопасных производств…….. 290
АБАБУРКО В.Н., ЧЕРНАЯ Л.Г., КАНТОР В.Ч. Модернизация искробезопасных систем для взрывоопасных производств…….. 292
БЕККЕР И.А., СЕРГИЕНКО О.В., СИДОРЕНКО А.С. Информационное обеспечение автоматизированных библиотечных информационных систем: проблемы корпоративной каталогизации 294
БОЖКОВ Н.В., МЕЛЬНИКОВ Д.И., ПРОКОПЕНКО С.А., МИСНИК А.Е. Автоматизированная система составления расписаний в учебных заведениях..... 296
БУТОМА В.С., БУТОМА А.М. Некоторые замечания о задаче выполнимости булевой формулы…… 297
ДОРОЩЕНКО И.В., ПОГУЛЯЕВ М.Н., САВЕЛЬЕВ В.А. Исследование энергетического баланса испытательного стенда на основе асинхронно-вентильного каскада…… 299
КАНДИДАТОВ К.А., МИСНИК А.Е. Система поиска релевантного решения на основе диалога……..... 301
СТАРОВОЙТОВ А.Г., СКРЯБИНА Г.И., ЧЕРКАСОВА И.А. Оценка эффективности сбытовой деятельности подразделений в энергосистеме…….. 302
СТОЛЯРОВ Ю.Д., ВАСИЛЕВСКИЙ В.П., ЯСЮКОВИЧ Э.И. Ускорение динамического перераспределения оперативной памяти. 303
ЧЕРНАЯ Л.Г., АБАБУРКО В.Н., КОХАН А.В. Выбор и техническое обслуживание электрооборудования для взрывоопасных пылевых сред…….. 305
ЧЕРНАЯ Л.Г., АБАБУРКО В.Н., КОХАН А.В. Особенности выбора EX-кабельных вводов взрывозащищенного электрооборудования…… 307
ЧЕРНАЯ Л.Г., НИКИТИН П.Ф., АБАБУРКО В.Н., САЗОНКО А.Е. Требования промышленной безопасности к оборудованию с

В качестве сравнительных критериев предлагается использовать: источники финансирования; структуру и характер системы управления; организационные формы образовательного процесса; формы научно-исследовательской и предпринимательской (если таковая имеется) деятельности; отношение к внешней среде; внутреннюю корпоративную культуру. Более подробно данная проблематика изложена одним из авторов в открытой печати [6]. В контексте данной статьи авторы сопоставили структуру и характер системы управления, а также проанализировали формы научно-исследовательской деятельности Белорусско-Российского университета и ВолгТУ – опорного регионального университета одного из регионов РФ – Волгоградской области.

Основными источниками финансирования высшего профессионального образования в Российской Федерации и Республике Беларусь являются бюджеты различных уровней, а также внебюджетные средства, в том числе оплата студентами-договорниками очной и заочной формы своего обучения. Несмотря на значительные средства, выделяемые государством для поддержки функционирования вузов, традиционные университеты ощущают существенный недостаток денежных средств при планировании и осуществлении масштабных исследовательских или научно-практических проектов. Растущая стоимость подготовки одного специалиста (табл. 1) в условиях инфляции затрудняет грамотное бюджетное планирование в рамках университета.

Табл. 1. Стоимость обучения в Белорусско-Российском университете

Наименование показателя	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Расходы республиканского бюджета на 1 студента, млн р.	6,97	11,00	20,95	22,34	27,30	32,43
Стоимость обучения 1 ступень (без иностранных студентов), млн р.						
в т. ч.						
- дневная форма обучения	3,93	5,72	10,35	13,14	14,63	15,37
- заочная форма обучения	1,19	1,76	3,22	4,06	4,87	5,13

Таким образом, в сфере высшего образования сложилась непростая ситуация, с одной стороны, вузам было позволено заниматься предпринимательской деятельностью, с другой стороны, реально их возможности в выборе направлений вузовского предпринимательства крайне ограничены. В таких условиях большинство российских и белорусских вузов предпочитает активнее концентрироваться на привлечении студентов для обучения на платной основе по базовым специальностям. Такая тенденция хорошо прослеживается по данным, представленным в табл. 2.

Табл. 2. Динамика контингента, обучаемого в Белорусско-Российском университете

Наименование показателя	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Численность студентов 1 ступени, обучающихся по программам РБ, чел.						
дневная форма обучения	3 028	3 060	2 994	2 847	2 671	2 522
в т. ч. - бюджет - контракт (включая иностранных студентов)	 2 093 935	 2 116 944	 2 107 887	 2 095 752	 2 003 668	 1 917 605
заочная форма обучения	3 621	3 862	3 796	3 568	3 190	2 972
в т. ч. - бюджет - контракт (включая иностранных студентов)	 542 3 079	 543 3 319	 528 3 268	 509 3 059	 475 2 715	 449 2 523
Численность студентов 2 ступени, обучающихся по программам РБ, чел.						
дневная форма обучения	18	18	21	21	20	27
в т. ч. - бюджет - контракт	 15 3	 14 4	 14 7	 14 7	 14 6	 19 8
заочная форма обучения	20	28	40	50	52	70
в т. ч. - бюджет - контракт	 18 2	 18 10	 18 22	 20 30	 26 26	 37 33

Белорусско-Российский университет – единственный вуз Республики Беларусь, работающий в рамках законодательств и образовательных стандартов двух государств: Республики Беларусь и Российской Федерации. Именно поэтому университет раньше других вузов республики почувствовал изменения внешней среды, особенно со стороны требований Российской Федерации, и вынужден был оперативно на них реагировать, трансформируя свою структуру управления. С 2008 года университет непрерывно находится на этапе структурных реформ. Это было связано с началом введения процессного подхода в деятельность вуза и разработкой системы менеджмента качества университета.

Выделение основных процессов университета (образования и науки) потребовало реформ учебно-методического управления, существовавшего до 2009 г.; управления бухгалтерского учёта и финансов; выделения из состава планово-финансового отдела (2009 г.). Для эффективного управления деятельностью, связанной с привлечением иностранных студентов в университет, был создан международный отдел (2008 г.). Для внедрения и активного сопровождения инноваций в учебном процессе университета в период с 2008 по 2013 гг. существовала лаборатория инновационной деятельности (с 2010 г. – отдел инновационной деятельности). После введения в действие сети мультимедийных аудиторий и обучения научного и преподавательского состава работе в них, а также создания информационного портала университета, сотрудники отдела инновационной деятельности вошли в состав отдела развития информационных систем для совершенствования внешних информационных ресурсов университета.

напряженности поля остаточной намагниченности при контроле анизотропии листового проката низкоуглеродистых сталей…… 246
БУСЬКО В.Н. Исследование влияния упругих напряжений на анизотропию свойств электротехнической стали магнитошумовым методом……... 248
ВАСИЛЕНКО А.Н., ПРИМАК И.У., ХОМЧЕНКО А.В. Рефлектометрия наноразмерных слоев в тонкопленочных структурах…….…. 250
ГУСЕВ А.П., ЛУКЬЯНОВ А.Л. Матричный преобразователь для исследования распределения индукции магнитного поля……..... 252
ЗУБКО В.И., ЗУБКО Д.В., СИЦКО Г.Н. Электроемкостной метод контроля и диагностика качества электроизоляционных материалов…….…… 254
КОВАЛЕНКО О.Е. Диагностика закалочных напряжений в стеклах на технологической линии……..… 257
КОЗЫРИЦКИЙ П.А. Свойства геопатогенных зон……..... 259
КРОТ О.П., РОВЕНСКИЙ А.И. Обоснование экологических аспектов сжигания отходов в различных отраслях……..… 261
КУШНЕР А.В., ШИЛОВ А.В., НОВИКОВ В.А. Неразрушающий контроль стыковых сварных соединений с помощью визуализирующей магнитные поля пленки……..… 263
ЛЕВКОВИЧ Н.В., МАЙОРОВ А.Л., ПАРАДИНЕЦ В.В. Метод и оборудование для безэталонного измерения напряжения растяжения при затяжке резьбовых соединений……..….. 265
МАГИЛИНСКИЙ А.П. Особенности неразрушающего контроля сварных соединений низколегированных закаливающихся сталей……..… 267
ОМЕСЬ Д.В. Время-частотное преобразование вибросигнала при исследовании ударных взаимодействий в зубчатых передачах… 269
ПАРАШКОВ С.О., СОТСКИЙ А.Б., СОКОЛОВ В.И. Резонансное отражение света от фазовой маски…… 271
ПРИМАК И.У., ХОМЧЕНКО А.В., ВАСИЛЕНКО А.Н. Анализ отражения поляризованного света от поверхности закаленного стекла……..… 273
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Физические основы методики расчета намагничивания двухслойных чугунных отливок……..….. 275
САНДОМИРСКИЙ С.Г., САНДОМИРСКАЯ Е.Г. Анализ особенностей структурной чувствительности коэрцитивной силы сталей…… 277
СОТСКАЯ Л.И., КРИВЕЦКИЙ К.Н., СОТСКИЙ А.Б., ХОМЧЕНКО А.В. Модель Лорентц-Лоренца в спектрофотометрии неоднородного слоя……...… 279
ХОМЧЕНКО А.В., ВАСИЛЕНКО А.Н. Анализ механических

«УКД-1» на сохраняемость формовочных свойств бетонной смеси… 220
НАСКОВЕЦ М.Т., ЖАРКОВ Н.И., ДИНИ М.Н. Учет воздействия колесной нагрузки при конструировании лесных автомобильных дорог……..…. 222
ПИМЕНОВ В.А., ХРЯНИН П.В. Механическая безопасность: мониторинг стальных строительных конструкций……..…. 224
СВИРЩЕВСКИЙ С.Ф., ЛЕЙНОВА С.Л., СОКОЛИК Г.А. Определение токсичности продуктов горения звукоизоляционных и звукопоглощающих изделий……..…. 226
СЕМЕНЮК Р.П., ЛОБИКОВА Н.В., АЛЬХОВИК Д.И. Применение изделий из гипса с добавлением отходов вторичной переработки полимеров в строительстве……..…. 228
СЕМЕНЮК С.Д., МОСКАЛЬКОВА Ю.Г., САМСОНОВА А.С. Влияние малоциклового нагружения на деформирование бетона..… 230
СЕМЕНЮК С.Д., ШУРИНОВА И.Н. Применение сталефибробетона для усиления сжатой зоны железобетонных изгибаемых элементов……..…. 232
СЕМЕНЮК С.Д., МЕЛЬЯНЦОВА И.И., ПОДГОЛИН А.Г. Прочность и деформативность легких бетонов на основе керамзита заводов Беларуси……..…. 234
СЕМЕНЮК С.Д., ИЛЬИНЫХ И.В., КЕТНЕР Э.А. Кольцевая рамка для фиксации радиальных деформаций в бетонных цилиндрах……..…. 236

Секция 8. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды

АФАНАСЬЕВ А.А., ГОГОЛИНСКИЙ В.Ф., ПИСАРИК В.В., МАГИЛИНСКИЙ А.П., ЗАЙЦЕВ А.А. Устройство для технологического контроля прозрачности моющего раствора в процессе подготовки металлических изделий к покраске……. 238
БАЕВ А.Р., АСАДЧАЯ М.В., ГИЛЬ Н.Н. Анализ акустогидродинамических процессов в щелевых зазорах при создании акустического контакта……...……. 239
БАЕВ А.Р., КОНОВАЛОВ Г.Е., МАЙОРОВ А.Л. Исследование влияния механических напряжений на скорость продольных и поперечных волн, вводимых нормально контактной поверхности образца…… 241
БОЛОТОВ С.В., ТРУХАЧЕВ Ф.М., ГЕРАСИМЕНКО Н.В. Локация мест увлажнения изоляции трубопроводов……..… 243
БОРИСОВ В.И., СЕРГЕЕВ С.С., ПРОКОПЕНКО Е.Н., ПРОКОПЕНКО С.А. Расчет акустического поля излучения фокусирующих пьезопреобразователей……..… 244
БУРАК В.А., СЧАСТНЫЙ А.С., ОСИПОВ А.А. Градиент

Важным этапом в работе университета стала комплексная программа его развития на 2014–2016 гг., которая позволила объективно посмотреть на все аспекты деятельности и сосредоточиться на перспективных направлениях деятельности, а именно – создание конкурентоспособных научных групп (КНГ). В 2014 г. в университете была создана рабочая группа, занимавшаяся разработкой программы развития, которая была нацелена на: эффективное использование научного потенциала для решения научных и научно-технических проблем развития народного хозяйства; обеспечение приоритетного развития фундаментальных исследований; разработку и создание новых технологий; повышение качества подготовки специалистов путем активного использования результатов научных исследований в учебном процессе и широкого привлечения студентов к их выполнению; формирование научных школ; развитие перспективных форм научно-технического сотрудничества с отраслями народного хозяйства с целью решения крупных научно-технических задач и внедрения вузовских разработок в производство. Приказом ректора №395 в университете были созданы две научно-исследовательских лаборатории и два центра:

– лаборатория «Электроника»;
– лаборатория «Программирование»;
– инжиниринговый центр «SimTech»;
– центр «Техносферная безопасность».

КНГ в полной мере соответствуют потенциалу университета и находятся в рамках приоритетных направлений развития Республики Беларусь:

– электроника и электротехника;
– программирование;
– конструирование и инженерный анализ;
– экологический менеджмент.

В ВолгГТУ такие КНГ действуют с 2006 г., называются они временные творческие научные коллективы (ВНТК), которые специально создаются под решение конкретных научных и прикладных задач в рамках хоздоговоров, грантов, госзаказов и т. п. Насколько эффективна их деятельность видно из табл. 3.

Табл. 3. Научно-производственная деятельность КНГ в ВолгГТУ

Наименование показателя	Год						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Готовая продукция и услуги, млрд р.	7,7	13,4	42,4	41,5	42,0	36,2	51,7
Хоздоговорные НИР, млрд р.	0,9	1,4	4,1	3,6	4,1	3,4	4,3
ИТОГО, млрд р.	8,6	14,8	46,5	45,2	46,1	39,6	56,1

Из этих ВНТК со временем вырастают малые студенческие инновационные предприятия, среди которых «НОЦ «Эксперт»; «Трансавтоматика»; «АРТЕК»; «ЦИТ «Интегра»; «ВИАЦ»; «ИК КамЭнерго»; «ОЭС»; «ЦЭБЭ»; «ЦСМ»; «СВЧ – технологии» и «Энергопрорыв».

Общая динамика и структура доходов ВолгГТУ хорошо прослеживается на рис. 3.

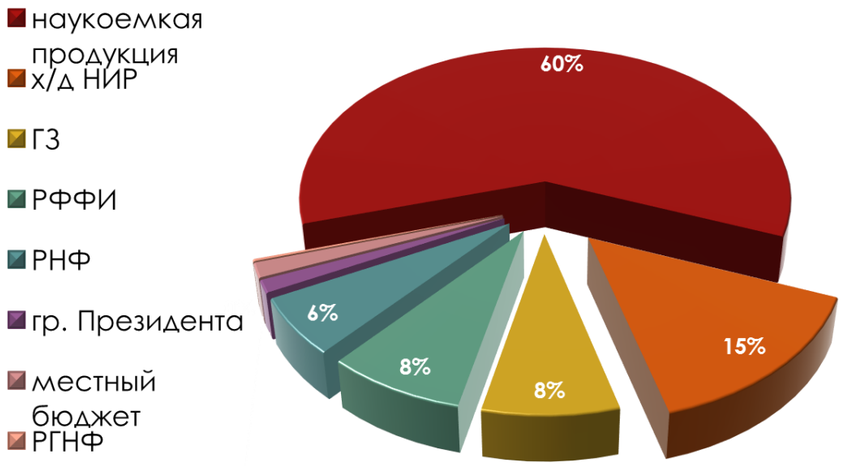


Рис. 3. Структура НИР выполненных ВолгГТУ в 2015 г.

С целью коммерциализации научно-технических разработок ученых университета в Белорусско-Российском университете создан Центр трансфера технологий. Центр осуществляет свою деятельность, взаимодействуя с высшими учебными заведениями Республики Беларусь, их научными подразделениями, предприятиями и организациями Республики Беларусь, а также с международными и национальными организациями зарубежных стран по вопросам трансфера технологий.

Ожидаемый объем консолидированного бюджета на планируемый период 2014–2016 гг. представлен в табл. 4.

Табл. 4. Объемы финансирования в динамике лет, млн р.

Наименование показателя	Год		
	2014	2015	2016
Бюджетное финансирование, млн р.	226,93	245,19	247,22
Внебюджетные поступления, млн р.	176,84	202,92	225,27
Консолидированный бюджет, млн р.	403,77	448,11	472,48
Доля бюджетного финансирования, %	56,20	54,72	52,32
Доля внебюджетных поступлений, %	43,80	45,28	47,68

Предполагаемый рост планируется достичь за счет мероприятий программы развития университета на 2014–2016 гг., а также за счет прочих инструментов привлечения финансовых средств в университет, среди которых наращивание собственной внебюджетной деятельности и участие в республиканских государственных программах Республики Беларусь.

Развитие собственной внебюджетной деятельности планируется по направлениям образовательной и научной деятельности на платной основе (программы развития высшего образования, подготовка научных кадров высшей квалификации, переподготовка и повышение квалификации кадров, курсы подготовки к централизованному тестированию, НИОКР и др.).

Исследование дискового тормозного механизма с осевым нажатием с повышенной степенью усиления приводных усилий…… 195

Секция 7. Прогрессивные технологии, конструкции и материалы в строительстве

БЕЛЯЕВА Е.В., ВАСИЛЬЕВ А.А. Критерии применения бетона в железобетонных элементах и конструкциях промышленных зданий…… 197

ГЕРАСИМЕНЯ В.П., ПИМЕНОВ В.А. Нанотехнологии в борьбе с микробиологическими и токсическими загрязнениями ограждающих конструкции зданий и сооружений…… 199

ГОЛУШКОВА О.В., КОМАРОВА С.Л., ЯНОВИЧ Д.Д. Технико-экономическое обоснование выбора варианта конструктивного исполнения стен зданий…… 201

ГОНЧАРЕНОК Д.С., КОРДИКОВА Е.И., СПИГЛАЗОВ А.В. Моделирование процесса вакуумного формования на основе термореактивных связующих…… 203

ГРИШИНА Н.А., АНДРЕЕВА А.И., МАЛАХОВА Я.С. Предотвращение колейности и назначение ремонтно-восстановительных мероприятий…… 205

КАТКОВ В.А., КУРНОСЕНКО Л.В. Каркасно-панельное домостроение в малоэтажном жилищном строительстве…… 207

КАТЬКАЛО Ю.А., КАТЬКАЛО А.А., ТУЛУЕВСКИЙ Н.В. Определение электронным тахеометром действительных радиусов кривых в плане…… 208

КУЗМЕНКО Д.О. Обоснование замены в большепролетных сооружениях сплошностенчатых элементов на бистальные перфорированные…… 210

КУЗМЕНКО Д.О., КУЗМЕНКО И.М., ФРИДКИН В.М. Несущий элемент балочного типа таврового профиля для металлоконструкции и металлоконструкция на его основе…… 211

КУМАШОВ Р.В. Статический расчет железобетонных плит дорожного покрытия на упругом основании…… 213

ЛЕОНОВИЧ И.А., АЛЕКСАНДРИКОВ А.А., ТИТОВ В.В. Анализ системы факторов, влияющих на долговечность предварительно изолированных труб…… 215

МАКАЦАРИЯ Д.Ю., БЕРЕЗОВСКИЙ С.Н., МАРТИНОВИЧ Д.В. Современный подход к решению проблем восстановления работоспособности автодорог…… 216

МАКАЦАРИЯ Д.Ю., МАРТИНОВИЧ Д.В. Выбор современных машин для использования в комплектах по ремонту автомобильных дорог…… 218

МАРКО О.Ю., КОРБУТ Е.Е., РАБЫКО Д.А. Влияние добавки

СИМАНОВИЧ В.А., КОНОНОВИЧ Д.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., БОБРОВСКИЙ С.Э. Особенности моделирования динамических процессов в системах колесных лесных агрегатных машин……..... 171

Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта

БУРАКОВ А.С., РОГОЖИН В.Д. Оценка пропускной способности автомобильных дорог……..... 173

ГЕРАЩЕНКО В.В., ЛОБАХ В.П., КОВАЛЕНКО Н.А., САЧКОВ Д.А. Метод и устройство бортового диагностирования сцепления автомобиля……... 174

ГЕРАЩЕНКО В.В., РОГОЖИН В.Д., ЧЕРВИНСКИЙ В.И. Повышение точности диагностирования электромагнитных форсунок автомобильных двигателей……..… 175

ГОБРАЛЕВ Н.Н., ДОЛЖЕНКОВ А.В., КЛИМОВ Б.С. Параметры микронеровностей протектора автошины, влияющие на ее сцепные свойства……..…. 177

ГОБРАЛЕВ Н.Н., ДОЛЖЕНКОВ А.В., САСОНКИН Д.А., КЛИМОВ Б.С. Конструктивные особенности автошин, влияющие на ее сцепные свойства……..… 179

ГОНЧАРОВ Ю.В. Информационное качество дорожной инфраструктуры в обеспечении безопасности дорожного движения 181

ЛИННИК Д.А., КИМ В.А. Стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора……. 183

ЛОБАХ В.П., ШАРКОВ В.Н., ПАВЛЕНКОВ Н.Н. Стенд для исследования тормозных систем…….. 185

МАКАРЕВИЧ С.Д. Разработка стационарной установки пожаротушения моторного отсека сельскохозяйственной техники…. 187

МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., МЕЛЬНИКОВ А.А. Выбор типа и основных конструктивных параметров колесного тормоза для передней оси колесного трактора МТЗ……..… 189

МРОЧЕК В.И., МРОЧЕК Т.В. Разработка стенда для испытаний гидрообъемных рулевых управлений……..… 190

МРОЧЕК В.И., МРОЧЕК Т.В., ПУЗИКОВ А.И. Разработка математической модели гидравлической системы погрузчика……..…. 191

ХАДКЕВИЧ И.Ю. Гибкие системы диагностирования гидромеханических передач……..… 192

ХРАМЦОВ В.А., ТРОФИМЕНКО И.Л., ВЕПРИНЦЕВ Н.В. Анализ использования логистических центров для ускорения продвижения товаров к потребителям……..... 193

ЮШКЕВИЧ А.В., ПЕТРЕНКО М.Л., МЕЛЬНИКОВ А.С.

Ежегодно наблюдается прирост экспорта образовательных услуг, предоставляемых Белорусско-Российским университетом. Рост этого показателя обусловлен не только ростом числа иностранных студентов, но и научными разработками центра сертификации и испытаний и научно-исследовательской части (НИЧ). Доведенный Министерством образования Республики Беларусь темп роста экспорта образовательной деятельности в 2014 г. составляет 117 % (или 534,2 тыс. долл. США). Модернизация научного и технологического оборудования данных структурных подразделений позволит увеличить показатели НИОКР и услуг с 9 321 млн р. в 2014 г. до 10 985 млн р. в 2016 г. Финансовая поддержка лаборатории НИЧ, лабораторий «Программирование» и «Электроника», Центра коллективного пользования, инжинирингового центра «SimTech» и научно-практического центра «Техносферная безопасность» приведет к увеличению доходов от научной деятельности университета и будет способствовать росту консолидированного бюджета и увеличению доли внебюджетных поступлений.

Рост консолидированного бюджета в динамике представлен на рис. 4.

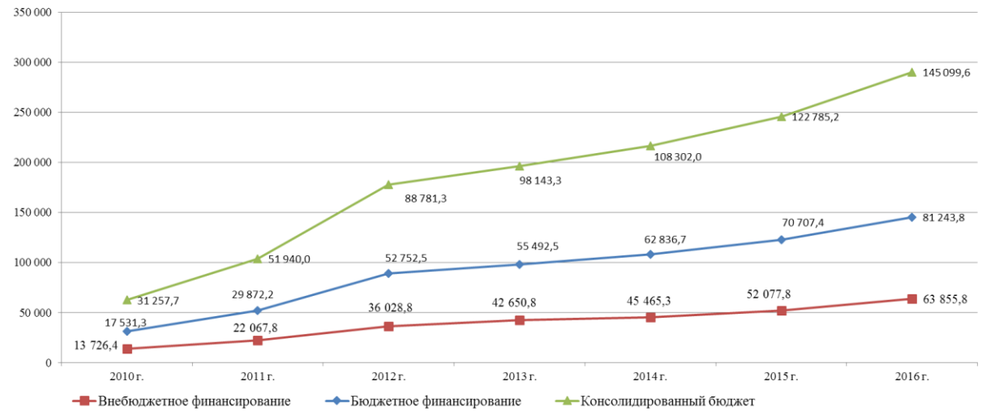


Рис. 4. Динамика роста консолидированного бюджета

Динамика развития НИОКР в Белорусско-Российском университете представлена в табл. 5.

Табл. 5. Динамика развития НИОКР

Наименование показателя	Год				
	2011	2012	2013	2014	2015
Всего	**5 372,8**	**8 221,4**	**5 326,5**	**9 321,4**	**9 608,8**
Общий объем НИОКР, млн р.	3 150,7	4 761,7	4 874,8	4 998,1	4 567,4
Хоздоговорные услуги, млн р.	2 222,0	3 459,7	451,7	4 323,3	5 041,4
Изобретения	39	48	36	18	10
Полезные модели	28	12	21	10	4
Общий объем НИОКР на 1 ППС, млн р.	8,25	12,30	13,07	13,36	13,09

Необходимо отметить, что университет имеет устойчивую динамику развития хоздоговорных НИОКР и уменьшение доли госбюджетных тем, что, в целом, влияет на устойчивость финансового положения. Стратегической целью экономического управления университетом является обеспечение долгосрочной финансовой стабильности и формирование материальной и финансовой базы для достижения значимых результатов в научно-образовательной сфере. Таким образом, комплексный подход к развитию научно-технического и образовательного потенциала университета позволит обеспечить его финансовую стабильность в планируемый период, а также создаст базу для дальнейшего перспективного развития.

Можно сделать следующие выводы.

1. Республика Беларусь как и Российская Федерация находится на этапе формирования необходимых условий для развития предпринимательских университетов и эффективного функционирования инновационной системы. В республике принимаются необходимые законодательные акты, стимулирующие инновационную активность и научно-практические исследования. Однако на данный момент эффективность функционирования элементов инновационной системы остается на низком уровне в сравнении с Российской Федерацией.

2. Создание конкурентоспособных научных групп в университетах способствует трансформации доходов от НИОКР и является благоприятным фактором формирования внутренней корпоративной культуры университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Porter M.** The Impact of Location on Global Innovation. The Global Competitiveness Report 2002–2003, p.227.

2. **Жданова, О. А.** Роль инноваций в современной экономике / О. А. Жданова // Экономика, управление, финансы: материалы Междунар. заоч. науч. конф. – Пермь, 2011. – С. 55–59 с.

3. **Шаховская, Л. С.** Проблемы реформирования российской высшей школы: взгляд изнутри // Национальные интересы: приоритеты и безопасность – 2013. – № 1 (190). – С. 37–42.

4. **Резник, Г. А.** Функции вуза: новые возможности развития / Г. А. Резник, Ю. С. Пономаренко, М. А. Курдова // Мир науки. Научный интернет-журнал. – 2014. – №4. – Режим доступа : http://mir-nauki.com/PDF/30PMN414.pdf. Дата доступа : 17.11.15.

5. **Корженевская, О. Н.** The Socio-Economic Role of Entrepreneuriale Universities in Development of Innovation-Driven Clusters: The Russian Case / О.Н.Корженевская // Asian Social Sciens. – 2014. – Vol. 10. – No. 23. – С. 113–122.

6. Обеспечение конкурентоспособности российских предпринимательских структур в условиях современной глобализации : монография / Под общей ред. В. В. Тараканова и Л. С. Шаховской. – Волгоград : ВолгГТУ, 2015. – С.100–148.

ЕМЕЛЬЯНОВА И.А., БЛАЖКО В.В. Комплект оборудования для приготовления строительных смесей в условиях строительной площадки…….... 141

КАРПЕКИН И.В. Проблемы эксплуатации грузовых гидроманипуляторов мобильных машин……... 143

КЛОКОВ Д.В., ЛЕОНОВ Е.А., ЕРМАЛИЦКИЙ А.А. Модель работы лесных машин с учетом технических отказов……... 145

КОНОНОВИЧ Д.А., СИМАНОВИЧ В.А., МОХОВ С.П., АРИКО С.Е. Необходимость создания машин для сбора лесосечных отходов в Республике Беларусь……... 147

КРОТ А.Ю., СУПРЯГА Д.В., ЧИГРИН Д.Г. Аналитическое моделирование колебаний рабочих органов барабанно-валковой перерабатывающей машины…….. 149

КУЗЕМКИН Д.М., ДОВГЯЛО В.А. Динамический анализ различных конструкций загрузочной секции ленточного конвейера 151

КУЗНЕЦОВ Е.В., КУРГУЗИКОВ А.М. Зависимость характеристик топливного насоса высокого давления от его параметров……..... 153

КУРГУЗИКОВ А.М., КУЗНЕЦОВ Е.В., СЕЛЕЗНЕВ Н.Г. Перспективные виды топлив, полученные из промышленных отходов и деревообработки……..… 155

ЛЕСКОВЕЦ И.В., БУЖИНСКИЙ А.Д., ЛЕОНЕНКО О.В. Влияние величин напряжения гусеничного обвода на характеристики трактора……..…… 157

МАКАРЕВИЧ С.Д., КОСТЮК К.А., СМИЛОВЕНКО О.О. Разработка устройства для транспортировки строительных конструкций при разборке завалов……..…. 158

МАТВЕЕНКО В.И., ДРОБЫШЕВСКИЙ А.А. Теоретические исследования устойчивости стреловых самоходных кранов..... 160

НАСКОВЕЦ М.Т., ХОРОШУН Н.В. Комплектование дорожной техникой лесных ремонтно-строительных бригад с целью улучшения эксплуатационных качеств автомобильных дорог……..... 162

ПИЩОВ С.Н., МОХОВ С.П., ГОЛЯКЕВИЧ С.А., АРИКО С.Е. Результаты экспериментальных исследований устойчивости и проходимости автомобиля-самосвала МАЗ-5516W4……..… 164

ПРОТАС П.А., ПИЩОВ С.Н., ШПАК И.В. Повышение тягово-сцепных свойств и показателей проходимости колесных форвардеров……..... 166

СЁМЧЕН В.И., ПАРТНОВ С.Б. Управляемый вибровозбудитель……..… 168

СИМАНОВИЧ В.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., БОБРОВИЧ В.А., БОБРОВСКИЙ С.Э. Основные направления совершенствования колесных машин в лесной отрасли……..… 170

сварки на работоспособность сварочных электродов при контактной точечной сварке оцинкованных сталей……... 119
КОРОТЕЕВ А.О., КУЛИКОВ В.П. Технологические параметры процесса дуговой сварки с двухструйной подачей защитного газа в зону горения дуги……..….. 121
ЛУПАЧЕВ А.Г., СОЛОДКОВ М.Ж. Повышение работоспособности сварных соединений стали 15Х5М, выполненных электродами ТМЛ-3У……..…. 122
ПОЛЯКОВ А.Ю., ФУРМАНОВ С.М. О формировании рельефных сварных соединений без зоны взаимного проплавления металла……..…….. 124
СИНИЦА М.А., СИДОРОВ И.А., ТРИХАНОВ С.М. Расширение области применения магнитных прижимов для технологического оснащения процесса сварки……..…… 125
СИНИЦА А.Н., ТРИХАНОВ С.М., ЦЫГАНКОВ И.И. Комбинированное соединение элементов крыла легкомоторного самолета с использованием клеевых композиций……..…… 126
СТАЛЕНКОВ С.А., НОВИЦКАЯ М.А. Влияние режима термической обработки на механические свойства мартенситно-ферритных теплоустойчивых сталей……..……. 128
ТАРАСЕНКО И.В. Флюсы для низкотемпературной пайки латуней……..…….. 129
ШЕЛЕГ В.К., ЛАТУН Т.С., ИГНАТОВА Е.В. Паяные соединения с составными накладками..... 130
ШЕЛЕГ В.К., ЛАТЫПОВА Е.Ю., ЦУМАРЕВ Е.Н. Составные конструктивные элементы в неразъемных соединениях……..……. 131
ЮМАНОВ Д.Н., ЛУПАЧЕВ А.Г. К вопросу о свариваемости аустенитно-ферритных нержавеющих сталей……..…….. 132

Секция 5. Проектирование, производство и эксплуатация строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин

АНТИПЕНКО Г.Л., СУДАКОВА В.А. Использование бортового компьютера для внешней диагностики трансмиссии…..… 133
БЕРЕСНЕВ В.В., КУРГУЗИКОВ А.М. Упругий рабочий элемент дробилок ударного действия……. 135
БЕРЕСТОВ Е.И., СМОЛЯР А.П. Определение необходимой длины резания грунта при экспериментальных исследованиях……... 137
БЕРЕСТОВ Е.И., ЛЕСКОВЕЦ И.В., СМОЛЯР А.П. Проблемы выбора рациональных параметров рабочих органов землеройных машин…….. 138
ГОЛЯКЕВИЧ С.А., ГОРОНОВСКИЙ А.Р., ПИЩОВ С.Н., ГЕРМАНОВИЧ А.О. Моделирование динамики манипулятора KESLA 1392 H в среде ANSYS RIGID DYNAMICS……... 139

УДК 621.791

СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. П. КУЛИКОВ, А. Г. ЛУПАЧЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Сварка является ведущим технологическим процессом при изготовлении большинства металлических конструкций. Например, современный легковой автомобиль имеет более 5 тыс. сварных соединений, выполненных различными способами сварки, каждый километр магистрального газопровода имеет около 1,5 км сварных швов, в каждом компьютере, планшете или мобильном телефоне сотни соединений, выполненных лазерной сваркой. Ракета, самолет или подводная лодка – это также сварных конструкции, имеющие огромное количество сварных швов. Сварка широко применятся при сооружении и монтаже промышленных технологических комплексов, производственных зданий и сооружений, объектов энергетики, нефтепереработки, химических производств. От качества сварки во многом зависит прочность, надежность и другие потребительские свойства изделия или конструкции.

В Беларуси сооружается большое количество объектов с применением сварки. Идет постоянная модернизация и выполняются ремонтные работы по продлению ресурса на Мозырском и Новополоцком нефтеперерабатывающих заводах, на Солигорском калийном комбинате, Гродненском объединении «Азот» и др. Сооружаются новые объекта такие как Новолукомольская и Березовская ГРЭС, Добружский бумажный комбинат, Светлогорский химический комбинат отбеленной целлюлозы, Белорусская атомная электростанция и др.

Следует отметить, что в силу объективных причин на территории республики нет научно-исследовательских отраслевых институтов, т. к. НИИхимпром, НИИнефтехим, НИИЭнерготехстрой и др., которые в советские времена курировали технологические работы в своей отрасли. Сейчас предприятия самостоятельно решают вопросы модернизации и ремонта, часто не имея достаточного количества специалистов в таких специфических направлениях как сварка.

Поэтому кафедра «Оборудование и технология сварочного производства» университета постоянно выполняет хоздоговорные работы по разработке технологических процессов сварки тех или иных объектов. Однако, к концу 90-х гг. стало понятно, что проблему качества сварочных работ в республике одними хоздоговорами решить невозможно. Требовался системный подход к качеству сварки и созданию координирующего центра по его реализации. Поэтому головное Государственное ведомство по

надзору за безопасным ведением работ в промышленности (Госпромнадзор) в 2000 г. своим решением назначил Белорусско-Российский университет (в то время МГТУ) в лице кафедры «Оборудование и технология сварочного производства» головной организацией по сварке на промышленных объектах повышенной опасности и утвердил положение, в соответствии с которым головная организация могла разрабатывать и реализовывать политику в области сварки на данных предприятиях.

Для реализации функций головной организации были изучены стандарты серии ISO 9000 «Системы менеджмента качества», проанализированы причины аварий и разрушений конструкций по сварным швам, произошедшие в республике, обобщен опыт работы крупных организаций, занимающихся сваркой: Промтехмонтаж, Нефтезаводмонтаж, Белэнергоремналадка (БЭРН) и др. На основании анализа определены шесть основных системных факторов, от которых зависит качество сварки и направления, в которых необходимо работать для его улучшения.

1. Качество работы сварщика.
2. Качество работы ИТР, руководящих сварочными работами.
3. Качество сварочного оборудования.
4. Качество сварочных материалов.
5. Качество операций неразрушающего контроля.
6. Качество разработки технологического процесса сварки.

Совместно с такими организациями как Госпромнадзор, Госстандарт, Концерн порошковой металлургии (в лице хозрасчетного подразделения «Институт сварки»), БНТУ, «Стройтехнорм», а в последствие Госатомнадзор первоначально была создана нормативно-правовая документация, позволяющая реализовать на практике работы по улучшению качества по каждому из перечисленных направлений. Были созданы стандарты по аттестации сварщиков и ИТР, по правилам разработки и квалификации технологических процессов сварки, по сертификации сварочного оборудования и материалов, разработаны требования к персоналу и лабораториям неразрушающего контроля и механическим испытаниям. Все документы были гармонизированы с Европейскими нормами и правилами, а стандарты приняты полностью идентичными с Европейскими стандартами серии ISO. К 2008 г. эта работа в основном, была завершена.

Для практической реализации вопросов повышения качества сварки на предприятиях Республики Беларусь в 2008 г. в Белорусско-Российском университете было создано самостоятельное хозрасчетное подразделение «Центр сертификации и испытаний». По перечисленным выше направлениям Центром проведена и проводится следующая работа.

1. По результатам инспекционного контроля Центра представителями четырех различных ведомств получены разрешения на аттестацию сварщиков, работающих на объектах: Госпромнадзора, Госатомнадзора, Министерства строительства и архитектуры. Получена также Государственная аккредитация от Госстандарта на сертификацию сварщиков для всех от-

исследование высокопористого абразивного инструмента из электрокорунда…….. 94
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ФЕДОСЕНКО А.С. Влияние термообработки на структуру и твердость механически легированных порошков для напыления……. 96
ЛОЗИКОВ И.А., СОЛОНОВИЧ В.В., УСОВИЧ К.М. Модернизированная машина трения……..…. 98
ПИНЧУК В.Г., АЛЕШКЕВИЧ Н.А., КОРОТКЕВИЧ С.В., КРАВЧЕНКО В.В. Исследование триботехнических свойств пластичной смазки Литол-24 с присадкой ФТ-3М……. 100
ПИНЧУК В.Г., КОРОТКЕВИЧ С.В., БОБОВИЧ С.О., АЛЕШКЕВИЧ Н.А., КРАВЧЕНКО В.В. Энергосбережение при эксплуатации оборудования на РУП «Гомельэнерго» за счет разработки и внедрения металлоплакирующих смазок……..…. 102
ПОПЕЧИЦ В.И. Модификация визуализаторов ионизирующих излучений на основе растворов красителей……..... 104
СТЕЦЕНКО В.Ю., БАРАНОВ К.Н. Антифрикционный силумин для втулок сателлитов дифференциалов карьерных самосвалов…….. 106
СТЕЦЕНКО В.Ю., ГУТЕВ А.П., БАРАНОВ К.Н. Получение слитков диаметром 75 мм из заэвтектического силумина АК18 с мелкокристаллической структурой……..... 107
СУДНИК Л.В., БАСЮК Т.В., КОЛОДКЕВИЧ Ю.И. Установление характера зависимости фазового состава материалов на основе Ti_3A1C_2 от условий синтеза…… 108
ХАБИБУЛЛИН А.И., ЛОВШЕНКО Ф.Г. Получение модифицирующих покрытий плавящихся электродов……. 110
ХАБИБУЛЛИН А.И., ЛОВШЕНКО Ф.Г. Повышение эксплуатационных свойств сварных соединений…….. 112
ШЕПЕЛЕВИЧ В.Г. Микроструктура и микротвердость быстрозатвердевшей эвтектики системы индий-олово, легированной висмутом и сурьмой…….…. 114
ШЕПЕЛЕВИЧ В.Г., ЩЕРБАЧЕНКО Л.П. Стабильность микроструктуры и физических свойств быстрозатвердевшего сплава Bi – 38 мас. % Sn…..... 116

Секция 4. Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве

ДОЛЯЧКО В.П., КУЛИКОВ В.П. Влияние состава защитной газовой атмосферы на процесс переноса легирующих элементов через дуговой промежуток в условиях двухструйной газовой защиты зоны горения дуги……... 118
ЕМЕЛЬЯНОВ С.Н., ПОПКОВСКИЙ В.А. О влиянии скорости

НАУМЕНКО А.Е. Исследование кинематических характеристик мотор-вариатор редуктора…….. 67
ПАРФИЕВИЧ А.Н., СОКОЛ В.А. Интегральные показатели как способ отображения состояния исследуемого элемента зубчатого привода……..… 69
САЗОНОВ И.С., ЛУСТЕНКОВ М.Е., КОМАР В.Л., ПРУДНИКОВ А.П. Разработка конструкции многорядных передач с промежуточными телами качения……...… 71
ТАРИКОВ Г.П., АКУЛОВА Е.М. Исследование контактных напряжений в системе «колесо-рельс»…… 72

Секция 3. Технологии получения новых материалов и покрытий

БЕВЗА В.Ф., ГРУША В.П. Экономнолегированный чугун для деталей пар трения…… 73
БЕВЗА В.Ф., ГРУША В.П., КРАСНЫЙ В.А. Литье заготовок малого диаметра направленным затвердеванием……...… 75
ВИННИЧЕНКО В.И., СУПРЯГА Н.Н., ИВАЩЕНКО Т.Г. Новая технология и оборудование для переработки фосфогипса…… 77
ГРУША В.П., БЕВЗА В.Ф. Литье намораживанием толстостенных заготовок из серого чугуна……. 79
ДЕВОЙНО О.Г., ЛУЦКО Н.И., ЛАПКОВСКИЙ А.С. Геометрические размеры валиков при нанесении мультимодальных слоев лазерной наплавкой……..… 81
ДОВГАЛЕВ А.М., СВИРЕПА Д.М., ЖОЛОБОВА Л.В. Формирование антифрикционных покрытий комбинированным магнитно-динамическим накатыванием…….. 83
ДУВАЛОВ П.Ю., КАЛЕНТИОНОК А.И., РУБАНОВА Т.М. Влияние технологических параметров литья на износостойкость деталей из хромистых чугунов……. 85
ИСМАИЛОВ Д.Р., ПУЗЫРЕВ М.В., СТУПАКЕВИЧ В.Ю. Динамика эрозионной лазерной плазмы углерода в вакууме……..... 87
КАЛИНИЧЕНКО В.А., КАЛИНИЧЕНКО М.Л. Макрогетерогенные композиционные материалы, полученные методом индукционного нагрева……..… 88
КОМАРОВ А.И., КОМАРОВА В.И., ОРДА Д.В. Синтез комплексного нанонаполнителя SiC-Al_2O_3, получение армированного им композиционного материала на основе сплава АК12М2МгН…….. 90
КОМАРОВ А.И., ФРОЛОВ Ю.И., РОМАНЮК А.С. Структура и свойства МДО-покрытия, формируемого под воздействием катодного депозита…… 92
КУПРЕЕВ М.П., ЛЕОНОВИЧ Е.Н. Изготовление и

раслей промышленности и строительства. Создана и аккредитована в Госстандарте лаборатория механических испытаний сварных соединений при аттестации и сертификации сварщиков, соответствующая международным требованиям.

2. Совместно с Институтом повышения квалификации университета и кафедрой «Технологии металлов» создана система подготовки и переподготовки ИТР в области сварочного производства. Курсы проводятся по трем направлениям: промышленность, строительство, атомная энергетика. Центром получены ведомственные разрешения на проведение процедур аттестации ИТР, а также аккредитация Госстандарта на право выдачи обучающимся сертификата Государственного образца. Центр является единственной организаций в республике, имеющей подобную аккредитацию.

3. Совместно с кафедрами «Физика» и «Электротехника» созданы и аккредитованы в Госстандарте лаборатории по испытаниям сварочного оборудования и сварочных масок. Лаборатории внесены в реестре таможенного союза. Выдаваемые сертификаты соответствуют регламентам таможенного союза и действуют на всей его территории. Следует отметить, что лаборатории по испытанию сварочных масок всего две на всем пространстве Евроазийского союза.

4. В рамках Центра сертификации и испытаний аккредитован Государственный орган по сертификации сварочных материалов и оборудования. Создана и аккредитована лаборатория по испытаниям сварочных электродов и проволоки. Аттестовано оборудование по испытанию принадлежностей для газового хозяйства – баллонные редукторы, предохранительные клапаны, газовые горелки, резаки и др.

5. Лаборатория неразрушающего контроля находится в стадии организации, т. к. требует больших капиталовложений.

6. Важнейшим элементом обеспечения качества сварки является разработка надлежащего технологического процесса сварки. В понятие технологически процесс входит: выбор способа сварки, выбор параметров режима сварки, типа сварного соединения и вида подготовки свариваемых кромок, необходимость назначения предварительного подогрева металла перед сваркой и его режимы, выбор параметров термообработки сварного шва, позволяющих получить необходимую структуру соединения, обеспечение коррозионной стойкости шва и многое другое.

Центр не только имеет разрешение на выполнение этих работ, но и полномочии обязательного утверждения техпроцессов, самостоятельно разработанных предприятиями. Ни одно сварное соединение в республике на ответственных объектах не может быть сварено без утверждения технологии в Центре сертификации и испытаний университета. Для реализации этих полномочий в Центре создана и аккредитована в Госстандарте лаборатория, которая может проводить различные виды механических испытаний, химический анализ металла шва, измерение твердости и микротвердости, исследование макро и микроструктуры шва, испытания на межкри-

сталлитную коррозию, определение количества α-фазы в структуре шва и др. Лаборатория укомплектована современным оборудованием: разрывной машиной усилием 100 т, спектрометром GNRSCP, микротвердомером AFRI и др.

Наличие современной лаборатории позволяет разрабатывать самые сложные технологические процессы и процедуры сварки.

Для предприятий Республики Беларусь и иностранных инвесторов разработан ряд технологических процессов сварки, выполнены экспертизы технологий сварки и проектов.

Для Новополоцкого ОАО «НАФТАН», ОАО «Нефтезаводмонтаж» разработаны проекты технического перевооружения сварочного производства, что позволило заказчикам приобрести конкурентоспособное сварочное и заготовительное оборудование и создать современное сварочное производство.

Для ОАО «Мозырский НПЗ» разработана технология сварки теплоустойчивой стали 15Х5М без последующей термической обработки. Технология позволяет существенно повысить работоспособность сварных соединений разнородных сталей, работающих в водородсодержащих средах при давлении 3,2 МПа и температуре 530 ºС. Технология основана на применении сварочного материала, дающего наплавленный металл с энергией зарождения и развития трещин больше чем в основном металле, и специальной разделки кромок, обеспечивающих регулируемое направление распространения трещины (в случае ее зарождения), в место ее искусственной остановки за счет высокой вязкости металла сварного шва.

С целью торможения процессов развития химической неоднородности, в результате взаимной восходящий диффузии химических элементов основного металла и сварного шва, следует вывести углерод из твердого раствора, переведя его в состав стойких карбидов. С этой целью перед наплавкой демпферного слоя концы свариваемых труб подвергают термообработке по режиму перестаривания.

Разработана технология переварки сварных швов установки вакуумной перегонки мазута на ОАО «Мозырьский НПЗ». По ряду сложившихся причин технологический трубопровод из стали SA335GrP9 и 15Х5М-У был сварен электродами ТМЛ-3У, рекомендуемыми для сталей типа 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 20Х1МФ и др. Трубопровод работает при температуре: Т = 240–380 ºС, давлении Р = 2,5 МПа. Среда: мазут, гудрон, металлизированная фракция (температура самовоспламенения 250 ºС). Переварку таких сварных соединении по стандартной перлитной технологии выполнять невозможно в виду недопустимости сварки «в натяг». Сварку необходимо выполнять 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 позволяет выполнить нормализа-

кинематической погрешности…….. 41
ПИНЧУК В.Г., КОРОТКЕВИЧ С.В., БОБОВИЧ С.О., КОВАЛЕВ Е.А. Повышение эксплуатационной надежности износостойкости опор скольжения путем контроля состояния поверхности раздела……..... 42
ФЕДОРЕНКО А.М. Особенности обработки концевыми фрезами на станках с ЧПУ……... 44
ЧЕРНЫШЕВ А.В., ЗАГОРСКИЙ И.Е. Вихретоковое устройство для контроля соосности труб гибких трубопроводов в процессе их производства……. 45
ШАТУРОВ Д.Г., ШАТУРОВ Г.Ф. Исследование стойкости твердосплавного инструмента от скорости резания…….. 47
ШАТУРОВ Д.Г., ШАТУРОВ Г.Ф. Исследование перемещений оси вала при точении……. 49
ШЕМЕНКОВ В.М., БЕЛАЯ М.А., ЖУКОВЕЦ П.Г., ШЕМЕНКОВА А.Л. Повышение износостойкости защитных покрытий на основе титана обработкой тлеющим разрядом…….. 51

Секция 2. Машиноведение, детали машин и прикладная механика

АБДУЛКАДЕР М.Х. Напряженно-деформированное состояние грунта при взаимодействии с подвижным индентором…… 52
АКУЛИЧ А.П., АКУЛИЧ Я.А. Исследование износа пар трения типа «вал-втулка» в процессе приработки…… 54
БЛАГОДАРНАЯ О.В., ПОНОМАРЕВА О.А. Особенности абразивного материала для магнитно-абразивной обработки деталей 56
БОРИСОВ Н.К. Расчет влияния параметров исходного контура на нагрузочную способность зубчатых передач……. 58
ГОНОРОВА С.В., КЕМОВА В.А. Расчет на прочность топочной части парового котла……... 59
ГРОМЫКО П.Н., ХАТЕТОВСКИЙ С.Н., ТРУСОВ И.В., ЮРКОВА В.Л., САКОВСКАЯ А.С. Снижение себестоимости изготовления механических передач эксцентрикового типа путем минимизации влияния на показатели зацепления погрешностей изготовления и сборки ее звеньев……. 60
ДАНЬКОВ А.М., ЧУКОВ Е.О., ЕРОФЕЕВ Е.Г. Планетарная плавнорегулируемая передача как итог развития зубчатой по функциональному критерию передаточного отношения…….. 62
КАЛЕНТИОНОК Р.А., ХАТЕТОВСКИЙ С.Н. Методика оценки кинематической погрешности зубчатой передачи…… 64
МЕДВЕДЕВ О.А., ОЛЕХНИК М.А. Применение способа равноточных допусков для решения угловых размерных цепей машин…….. 65

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

ЛЕОНЕНКО О.В., ШАХОВСКАЯ Л.С., ГОЛОВЧАНСКАЯ Е.Э. Предпринимательский университет как необходимое условие развития конкурентоспособных научных групп в современной инновационной среде мировой экономики…… 3

КУЛИКОВ В.П., ЛУПАЧЕВ А.Г. Сварочные технологии на ответственных промышленных объектах Республики Беларусь…….. 13

МАКОВЕЦКИЙ И.И. Концепция «партизанского» маркетинга в продвижении наукоемкой продукции…… 19

Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств

АФАНЕВИЧ В.В., КАТЬКАЛО А.А., ПОПКОВСКИЙ В.А. Конечно-элементная модель процесса поверхностного упругопластического деформирования……... 24

БАРАНОВ К.Н., ЛАПТИНСКИЙ В.Н., РОМАНЕНКО А.А. К расчету времени затвердевания отливки, полученной методом направленного затвердевания…….. 26

ГОСПОД А.В., ИЛЮШИН И.Э., КОЖЕВНИКОВ М.М., ЛОБОРЕВА Л.А., ЧАЙКИН Д.А. Методика тестирования алгоритмов автоматического управления роботами-манипуляторами 27

ЕРМАЧЕНКО Я.А. Определение технологической пластичности инструментальной стали У8 с диффузионно-упрочненным слоем……... 29

КАЛИНИЧЕНКО М.Л. Перспективы склеивания в машиностроении……... 31

КАШПАР А.И. Методика расчета температурного поля в круговой цилиндрической оболочке (нелинейный случай)…….. 33

ЛАПТИНСКИЙ В.Н. Многоточечная задача управления с неразделяющимися краевыми условиями в некритическом случае... 34

ЛЕВДАНСКИЙ А.М. Влияние заднего угла на резце с механическим креплением вставок из поликристаллов алмаза на шероховатость поверхности при обработке алюминиево-магниево-кремниевых сплавов…….. 35

ПАНКРАТОВ И.А. К вопросу определения упругих характеристик боридных слоев штамповой стали Х12М посредством атомно-силовой микроскопии…….. 37

ПАШКЕВИЧ В.М., МИРОНОВА М.Н. Методология расчетов и проектирования приводов машин и их агрегатов с использованием функциональных семантических сетей……... 39

ПАШКЕВИЧ В.М., МИРОНОВА М.Н., СЛЕПЦОВ С.Л. Управление сборкой гипоидных передач на основе анализа их

цию литого металла «старого» корня шва. Далее заполнение разделки выполняли по аустенитной технологии.

Разработанная технология позволила практически полностью устранить механическую неоднородность в корне шва. Это подтверждается результатами измерения микротвердости, которая на линии сплавления различается не более чем на 4 %. Проведенные металлографические исследования показали, что литая структура в корне шва отсутствует, произошла вторичная перекристаллизация. Минимизация теплового воздействия при дальнейшем заполнении разделки позволила устранить кристаллизационную неоднородность на линии сплавления перлитной высокохромистой стали с аустенитным наплавленным металлом.

Для ОАО «Гродно Азот» выполнена экспертиза технологии сварки по причине которой образовался сквозной дефект сварного соединения трубопровода конвертированного газами цеха метанола, произошел выброс водорода. Установлены причины разрушения, их три: структурный, конструктивный, силовой. Трубопровод изготовлен из стали, потенциально склонной к локальным разрушениям сварных соединений при высокотемпературной эксплуатации в сочетании с силовым воздействием. В составе примененной стали содержится титан и достаточно большое количество углерода. В стабилизированной титаном стали основная часть углерода связана в термодинамические устойчивые карбиды титана, которые при сварочном нагреве растворяются, а при последующем охлаждении образуют дисперсные карбиды в теле зерна. Последующая высокотемпературная эксплуатация и рабочие напряжения привели к процессу старения, что проявилось в снижении деформационной способности металла участка околошовной зоны и исчерпания запаса прочности под действием рабочих температур и напряжений. Трещины образовались в результате релаксации напряжений в металле, границы которого разупрочнены выделением вторичных диспертных фаз. Установлено, что рассмотренный участок трубопровода находится в критическом состоянии и его дальнейшая эксплуатация не рекомендуется. Для надежной эксплуатации трубопровода с рассматриваемыми технологическими параметрами рекомендованы основные и сварочные материалы другой системы легирования.

Выполнены исследования свойств сварных соединений корпуса сгустителя отстойника глинистого шлама, работающего на Белорусском калийном комбинате. Установлено, что изделие выполнено из стали потенциально склонной к коррозионному растрескиванию. Коррозионное растрескивание характерно для хромоникелевых сталей и особенно активизируется под действием растягивающих остаточных сварочных и рабочих напряжений в присутствии раствора хлорида при температуре выше 50 ºС. Определено, что ремонт поврежденных коррозионным растрескиванием участков методами сварки и наплавки не даст положительных результатов. Дополнительный наплавленный металл способствует увеличению уровня остаточных сварочных напряжений и интенсифицирует коррозионное рас-

трескивание. Рекомендовано заменить днище. Последующую технологию сварки следует строить с позиции снижения уровня остаточных растягивающих сварочных напряжений путем минимизации режимов сварки, последовательности наложения сварных швов, проведения термической обработки, однако, это мало эффективное направление.

Радикальное повышение работоспособности сварной конструкции по критерию «коррозионное растрескивание» можно решить путем замены основного металла. Использовать для изготовления днища сгустителя сталь другого структурного класса: например аустенитно-ферритного класса 1-го. 2-го или 3-го поколения. Аустенитно-ферритные стали, в отличии от аустенитных сталей, характеризуются: более высокой прочностью (в 1,5-2 раза); более высокой стойкостью против межкристаллитной коррозии; более высокой стойкостью против коррозионного растрескивания в хлоридных и щелочных средах.

Для компании «Китайская корпорация инжиниринга САМС» разработаны восемьдесят технологических процессов сварки для строительства энергообъектов в г.Белоозерск, г.Новолукомль, комбината отбеленной целлюлозы в г.Светлогорск.

Для компании с ограниченной ответственностью «Корпорация Сюань Юань» (Китай) разработаны семь технологических процессов сварки для строительства объекта по производству отбеленного картона в г.Добруш.

Выполняются работы для Белорусской атомной станции, аттестовано более 100 сварщиков, выполняющих сложные работы, обучено и аттестовано 20 инженеров, осуществляющих руководство сварочными работами на АЭС, проведено более 80 испытаний сварных соединений. По заказу МЧС и Госатомнадзора для Белорусской атомной станции разработана следующая нормативно-техническая документация:

– оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля;

– основные положения по сварке элементов локализующих систем безопасности атомных электростанций;

– оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения;

– правила контроля сварных соединений элементов локализующих систем безопасности атомных электростанций.

В 2013 г. объем хоздоговорного финансирования Центра сертификации составил 2,7 млд р., в 2014 г. – 3 млд р., в 2015 г. – 3,5 млд р. За три года выполнено валютных договоров на сумму 150 тыс. долларов.

В целом, Центру сертификации и испытаний удается совмещать научные разработки с требованиями рыночной экономики.

2. На предприятии ОАО «Александрийское» одним из технологических этапов при переработке мяса является его насыщение рассолом. Этот процесс реализуется в вакуумном мясомассажёре МР-400. Однако насыщенность мяса рассолом оказывается не равномерной – наружные слои насыщены больше внутренних. Для устранения указанного недостатка технологии предлагается усовершенствовать установку МР-400. Мясо подвергается механическому воздействию за счет стержневых перемешивающих лопаток, установленных внутри указанного агрегата. Предлагается устанавливать дополнительные элементы специальной конструктивной конфигурации, обеспечивающие более глубокое проникание рассола. Такая конструкция механизма способствует более интенсивному и равномерному насыщению рассолом изготавливаемого продукта.

3. Одним из новых направлений деятельности производства ОАО «Химволокно» является производство топлива «биодизель». Это направление является весьма перспективным и дает почти 30 % выручки предприятия. В процессе изучения технологии производства «биодизеля» выявлено, что повысить качество готового продукта и производительность процесса его получения возможно при усовершенствовании конструкции реактора переэтерификации. Для этого в напорные магистрали, по которым в реактор подаются рапсовое масло и метанол для их смешивания, устанавливаются специальные конструктивные элементы, которые обеспечат более интенсивное перемешивание исходных компонентов с одновременной очисткой смеси от вредных примесей. Подачу исходных компонентов «биодизеля» обеспечивают штатные насосы. Устанавливаемые дополнительные элементы практически не приводят к возрастанию энергетических затрат в процессе производства.

Представленные разработки выполнены в рамках эскизного проекта, имеют предварительный характер и требуют дальнейших аналитических и экспериментальных исследований.

Для совершенствования кровати раскладной требуется уточненный прочностной расчет. Необходимо также более точно количественно обосновать себестоимость модернизированной кровати, а также уточненные параметры возрастающего спроса. Завершающим этапом должно стать изготовление и испытания усовершенствованного изделия.

Требуется доработка и всесторонние испытания вакуумного мясомассажера МР-400. При этом помимо программ испытаний необходимо разработать критерии оценки полученных результатов для сравнения с качеством продукта, полученного по существующей технологии и оценить уровень возрастания спроса на более качественную продукцию.

Совершенствование конструкции реактора переэтерификации и процесса получения «биодизеля» также требуют экспериментальной отработки с последующей оценкой уровня снижения себестоимости продукции и повышения производительности производственного процесса.

УДК 338

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ И ПРЕДПРИЯТИЙ

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

Повышение конкурентоспособности продукции и предприятий в Республике Беларусь на настоящем этапе являются одним из приоритетных направлений развития экономики. Следствием мирового кризиса стало снижения спроса на продукцию предприятий внутри страны и на внешних рынках. Повышение конкурентоспособности продукции и увеличение ее сбыта определяется, прежде всего, повышением качества и технического уровня. При этом следует реализовать мероприятия, которые позволят повысить указанные параметры продукции без существенного возрастания производственных затрат и цены.

На кафедре «Экономическая информатика» ведется подготовка специалистов, способных создавать инновации, повышающие конкурентоспособность предприятий и их продукции. Учебный процесс построен таким образом, что во время производственных практик изучается продукция предприятий и применяемые технологии, выявляются их недостатки. В рамках последующего курсового проектирования по дисциплинам и заключительного дипломного проектирования осуществляется всесторонний анализ и поиск путей устранения обнаруженных недостатков. Осуществляется технико-экономическое обоснование предложенных решений и разрабатываются инновационные проекты, обеспечивающие повышение технического уровня продукции и снижение ее себестоимости.

В 2015 г. в рамках курсового проектирования студентами предложено множество инновационных направлений совершенствования продукции, выпускаемой предприятиями г. Могилева и области. В качестве наиболее перспективных можно назвать следующие разработки.

1. Одной из проблем затрудняющих сбыт кроватей складных производства ОАО «Ольса» является их не достаточная грузоподъемность, которая составляет 100 кг. Повышение грузоподъемности за счет увеличения диаметра труб, составляющих каркас кровати, приводит к ее утяжелению, который регламентирован. Предложено повысить грузоподъемность за счет использования дополнительных элементов жесткости в сочетании с комбинированной конструкцией несущих частей кровати. По предварительным оценкам это позволит повысить грузоподъемность складной кровати в 1,5 раза до 150 кг без существенного увеличения ее веса и стоимости.

УДК 338

КОНЦЕПЦИЯ «ПАРТИЗАНСКОГО» МАРКЕТИНГА В ПРОДВИЖЕНИИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

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

Одним из наиболее важных показателей деятельности учреждения высшего образования является показатель, характеризующий научную деятельность учреждения, объем оказываемых научных услуг и экспорта наукоемкой продукции. В Белорусско-Российском университете представлены несколько научных направлений в разных отраслях.

По классификации Организации экономического сотрудничества и развития [1] технологии по уровню наукоемкости распределяются следующим образом.

1. Высокие технологии (High-technology):
– аэрокосмические;
– компьютерные;
– электронные коммуникации;
– фармацевтика.
2. Средне-высокие технологии (Medium-high-technology):
– научное приборостроение;
– технологии наземного транспорта;
– электрооборудование;
– химические технологии;
– другое транспортное оборудование;
– неэлектрическое оборудование (Non-electrical machinery).
3. Средне-низкие технологии (Medium-low-technology):
– изделия из резины и пластика;
– судостроение;
– другое производство;
– цветные металлы;
– неметаллические минеральные продукты;
– металлургия;
– нефтепереработка;
– черная металлургия.
4. Низкие технологии (Low-technology):
– бумажная промышленность и полиграфия;
– текстиль и одежда;
– еда, напитки и табак;
– деревообработка и мебельное производство.

Как показывает данный перечень, научные разработки, производимые учеными Белорусско-Российского университета относятся к части средне-высоких и средне-низких технологий.

Наукоемкая продукция существенным образом отличается от большинства производимой предприятиями продукции. Перечислим эти отличия:

– это уникальная продукция, свойства которой необходимо разъяснять потребителям;

– это технически сложная продукция, требующая при создании затрат особо квалифицированного научного труда;

– чаще всего, дорогостоящая продукция, по своей номинальной стоимости превосходящая заменяемый аналог, хотя и более дешевая на единицу полезного эффекта.

К существенным особенностям наукоемкой продукции, влияющим на формирование рыночных процессов, можно также отнести неустойчивость спроса на нее, более динамичную конкурентоспособность и чувствительность к научно-техническому прогрессу, специфическое ценообразование, зависимость от инновационного потенциала потребителя, наличие разных степеней завершенности.

Одной из существенных особенностей наукоемкой продукции является также трудность определения ее потребительной стоимости. Можно выделить следующие оценочные характеристики наукоемкой продукции:

1) величина стоимости единицы главного (комплексного) технического параметра изделия;

2) удельный вес затрат на научные исследования в создании конечной потребительной стоимости;

3) вклад в расширение и углубление объекта познания, получение новых знаний.

Специфичностью обладает не только продукция, также определенными особенностями обладает и рынок наукоемкой продукции.

Рынок наукоемкой продукции представляет собой совокупность физических лиц, коммерческих компаний, организаций, приобретающих или потенциально готовых приобрести наукоемкую продукцию.

Характеристика рынка наукоемкой продукции следующая:

– часто это новый для производителя наукоемкой продукции рынок. Производитель имеет дело с незнакомыми покупателями (сегментом рынка) в силу новизны разработанного продукта;

– рынок мало эластичен. Ценовая политика оказывает ограниченное влияние на объем сбыта;

– рынок достаточно узкий, в сравнении с другими. Особенно это касается наукоемкой продукции производственного назначения (на рынке небольшое число покупателей), но на этом рынке покупатели крупнее, чем, например, на рынке потребительских товаров, причем все покупатели –

пределах одного параметра во времени. Так развитие НТП в разных отраслях может колебаться от застойного состояния (обычно в старых, традиционных отраслях) до лавинообразного (чаще всего в новых или смежных отраслях). Необходимый размер дополнительных капитальных вложений, при вхождении в данную отрасль может быть велик или незначителен. Продукция данной отрасли может потребляться только на локальном рынке (местном, региональном, национальном) или и на мировом. Отрасль может производить стандартизированную продукцию, например, нефтедобыча и нефтепереработка, или производители выпускают высоко дифференцированную продукцию, например, бытовую технику. Конкуренция в отрасли может характеризоваться разной интенсивностью, которая в свою очередь может определяться действиями разных конкурирующих сил. Спрос на продукцию отрасли может находиться в разных стадиях жизненного цикла. И, наконец, показатели эффективности (прибыль, рентабельность и т.д.) в разных отраслях существенно различаются.

Оценка ситуации в отрасли относится к разряду задач макроэкономического характера и поэтому, как правило, выпадает из поля зрения большинства руководителей предприятий. Вместе с тем мировой опыт показывает, что без понимания ситуации в тех отраслях, в которых уже действует предприятие и в тех, куда оно собирается инвестировать капитал, руководители рискуют не только приобрести (сохранить) конкурентные преимущества, но и потерять уже достигнутые позиции.

Таким образом, при приятии решения об активизации инновационной деятельности принципиальным вопросом является оценка инновационной привлекательности той отрасли, в которую предприятие собирается вложить капитал.

Методика оценки и отбора отраслей с целью активизации инновационной деятельности предприятия предполагает выполнение аналитических работ в рамках трех последовательно выполняемых этапов.

Первый этап – оценка инновационной привлекательность каждой отдельно взятой отрасли. Второй этап – оценка инновационной привлекательности каждой из отраслей относительно всех других и принятие предварительного решения о направлениях инновационной деятельности предприятия (по сути – это ранжирование отраслей по степени привлекательности, которое является предпосылкой для принятия решений о размещении инвестиционных ресурсов).

Третий этап – оценка инновационной привлекательность всех выбранных отраслей как единой группы и принятие окончательного решения о направлениях инновационной деятельности предприятия.

УДК 338

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

В решении задач выхода страны из кризиса, обеспечения динамически устойчивого развития экономики первостепенная роль принадлежит инновациям, инновационной деятельности, способным обеспечить непрерывное обновление технической и технологической базы производства, освоение и выпуск новой конкурентоспособной продукции, эффективное проникновение на мировые рынки товаров и услуг.

Качественные преобразования экономики невозможны без повышения конкурентоспособности продукции и предприятий. Национальные производители должны научиться продавать свои товары, увеличивать или, по крайней мере, удерживать за собой доли рынков, достаточные для расширения и совершенствования производства.

Промышленный комплекс является наиболее конкурентоспособным сектором экономики, и именно инновации способны дать ему конкурентное преимущество. Однако анализ существующей в стране обстановки показывает, что многие показатели инновационного развития в Республике Беларусь значительно ниже допустимых пороговых значений.

Главная причина низкой инновационной активности субъектов хозяйствования в стране связана с недостатком финансовых ресурсов и соответственно ограниченным доступом к ним. Главным источником финансирования инноваций в республике являются на сегодняшний день собственные средства предприятий. Кроме того, другими источниками финансирования инноваций являлись средства республиканского бюджета, иностранных инвесторов (включая иностранные кредиты и займы), средства кредитов и займов. Белорусские банки выступают в качестве дополняющего звена финансирования инновационной деятельности, отчасти берут на себя риски по проектам, связанным с расширением, модернизацией действующих экономически устойчивых производств, внедрением перспективных технологий. Еще одной проблемой является существующая налоговая нагрузка.

Исходной проблемой в процессе управления инновационной деятельностью предприятия является выбор той отрасли национальной экономики, в которой нужно и возможно для данного предприятия наращивать свой инновационный потенциал. Известно, что разные отрасли существенно различаются по множеству параметров, а так же по темпам изменений в

профессионалы;

– спрос на наукоемкие товары промышленного назначения в итоге зависит от спроса на конечные товары;

– на данном рынке в начале реализации часто отсутствует прямой конкурент (в силу квазимонополии на интеллектуальную собственность).

– спрос подвержен резким колебаниям.

Естественной целью производителя любого вида продукции или услуг является получение прибыли посредством реализации производимого, для чего необходимо найти потенциальных клиентов, представить им реализуемую продукцию, пройти этапы переговоров и согласований, заключить сделку на поставку продукции. Внешне этот процесс кажется трудоемким, требующим определенных навыков и знаний или специально обученного специалиста, что далеко не всегда по силам небольшому научному коллективу разработчиков определенного наукоемкого продукта. Однако существуют достаточно простые и не слишком затратные способы продвижения продукции, совокупность которых в литературе называется «Партизанский» маркетинг.

«Партизанский» маркетинг (*guerrilla marketing*) – малобюджетные способы рекламы и маркетинга, позволяющие эффективно продвигать свой товар или услугу, привлекать новых клиентов и увеличивать свою прибыль, не вкладывая или почти не вкладывая денег [2].

Приведем основополагающие принципы «партизанского» маркетинга.

1. В процессе продвижения, избрав какое-либо определенное направления маркетинга и выстроив стратегию, следует придерживаться ее, даже если на раннем этапе ее эффективность вызывает сомнения. Будьте привержены избранному пути, и все получится.

2. Маркетинг продукции и вложенные в него средства не следует рассматривать как затраты. Скорее вложения в маркетинг относятся к инвестициям, или точнее – консервативным инвестициям.

3. Будьте последовательны в процессе продвижения продукта, не меняйте выбранных медиа и стратегий информирования потенциальных клиентов. Не прекращайте информационной кампании ни за что и никогда.

4. Ваши потребители должны быть уверены в вашем продукте и в вас. Воспитайте уверенность в вашем предложении и в себе тоже. Если вы поверите в себя, все остальные тоже поверят в вас.

5. В процессе продвижения вашего продукта вам понадобится терпение. Терпение в ожидании результатов рекламы, в общении с потенциальными потребителями, во многих других вопросах.

6. Используйте максимально возможный спектр маркетинговых средств.

7. Вспомните о ваших бывших клиентах. Бывших клиентов не бывает! Продать ваш продукт бывшему клиенту в шесть раз дешевле, чем новому. Не забывайте о связи с потребителем вашего продукта после продажи.

8. Позаботьтесь о том, чтобы ваше предложение было максимально удобным для потребителя. Ваш клиент гораздо охотнее заключит с вами сделку, если ему будет комфортно и приятно работать с вами и вашим предложением.

9. Если хотите продать свой продукт – удивите клиента. Удивите его приятной ценой, небывалым послепродажным сервисом, сопровождением и консультациями на стадии подготовки продажи.

10. Постоянно анализируйте эффективность различных видов рекламы, используйте только эффективные.

11. Демонстрируйте вовлеченность в дела клиентов, сопровождайте их после заключения сделки, интересуйтесь ими. Со своей стороны ваши клиенты проявят ту же вовлеченность – еще приобретут ваш продукт, расскажут о нем другим нуждающимся в нем специалистам.

12. Никогда не обосабливайтесь от окружающего мира. Да, ваш продукт уникален, да, технология, которую вы разработали, многого стоит. Но если ее применить совместно с другой технологией, которой располагают ваши коллеги или конкуренты, возможно, полученные результаты будут куда более весомыми и ликвидными. Стоит помнить, что вы игрок постоянно изменяющегося рынка, в котором все находятся в постоянной зависимости между собой.

13. Применяйте только самые современные технологии, будь это разработка вашего продукта или средств его рекламы.

14. Лучшая реклама – это согласие ваших клиентов получать от вас информацию в любом удобном для них виде. Получив согласие на рассылку есть гарантия, что ваши потенциальные клиенты ее посмотрят. Далее, получив согласие на презентацию вашего образца, вы сможете лично заключить договор на поставку или оказание услуги.

15. В то же время вы не сможете лично объяснить каждому потенциальному потребителю суть вашего предложения. Поэтому оформите продающий текст (на бумаге или в электронном сообщении) максимально ясно и просто, чтобы вашему потребителю не пришлось искать соль среди множества ненужных слов. Объясните ему, какую выгоду от использования вашего продукта он получит.

16. Никогда не останавливайтесь на достигнутом. Ни в коем случае не расслабляйтесь, если получили контракт. Продолжайте в том же духе, и получите второй, третий и т.д.

Перечислим инструменты малобюджетного маркетинга.

1. Сбор информации о потенциальных клиентах, конкурентах, ситуации в сегменте рынка, причем чем полнее и многограннее эта информация – тем лучше. Методы ее получения могут быть самыми разнообразными – от прямого опроса и изучения Интернет-ресурсов до сбора слухов и инсайдерской информации.

В процессе трансформации существенные влияния на экономические системы оказывали чаще не слепые силы рынка – «невидимая рука», а сознательные целенаправленные силы как крупнейших корпораций, так и государства – «видимая рука».

Государство целенаправленно вмешивается в жизнь рынка для поддержания устойчивости и макроэкономического равновесия, а также контроля условий для соблюдения свободной конкуренции.

Проблема соотношения "невидимой руки" и "видимой руки" состоит в поиске ответа на вопрос о том, какому из способов хозяйственной координации следует отдать предпочтение.

Институциональная трансформация – это не только изменение законов, регулирующих экономическую деятельность, но и изменения в структуре и содержании деятельности предприятий.

Институциональная трансформация обусловлена комплексом факторов внешнего и внутреннего характера, управленческие взаимодействия между которыми и порождает противоречия в институциональном пространстве и, соответственно, формируется комплекс возможных рисков в реализации социальных институтов, как в государстве, так и на промышленных предприятиях.

Если организационные структуры определяют центры принятия решений, то институты – привила принятия решений. Через внешние институты реализуется конкуренция и кооперация между предприятиями как центрами принятия решений, а внутренние – конституируют структуру организации, обеспечивают соблюдение правил в данном промышленном предприятии – реализуется информационная структура взаимодействия

Институциональная трансформация в переходный период – это процесс возникновения, развития рыночных правил и экономического поведения в замену присущих командной системе. Это часто приводит к размыванию границ предприятий, уводу финансовых потоков, размежеванию интересов групп внутрифирменных менеджеров и руководителей.

Комплексное стратегическое управление позволяет согласовать процессы воспроизводства и инновационного развития, скоординировать подсистемы предприятия в условиях рынка.

Успешная институциональная трансформация требует создания гибкой организационной структуры, позволяющей динамично реагировать на изменение рыночных факторов и не препятствовать внутрифирменным изменениям в эффективном использовании ресурсов к более направлениям их. Сетевые структуры и стратегические союзы должны служить формой интеграции предприятий, приобретая статус финансово-промышленных групп в качестве опорных элементов промышленной политики государства.

УДК 338.24

ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

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

Одним из основных элементов экономической системы (государство, регионы, отрасли, предприятия) и ее конкурентоспособности в рыночной экономике является система формирования конкурентной среды.

Переход промышленных предприятий к рыночным условиям требует проведения институциональных трансформаций. При этом предприятия должны стать объектами не только “ роста производства”, но и “ институционального роста”, поддержки и распространения *позитивных* экономических институтов.

В словаре Ожегова С.И. *институт*:

1) название некоторых высших учебных и научных учреждений;

2) совокупность норм права, в какой-нибудь области общественных отношений.

Под экономическими институтами понимаются как конкретные субъекты хозяйствования, так и действующие регламенты, методы и принципы ведения хозяйственной деятельности.

Институты промышленных предприятий функционируют как организационные механизмы достижения коллективных целей организаций, в том числе по обеспечению уровня их конкурентоспособности.

В настоящее время институт предприятия не исследован до конца, он отличается индивидуальной внутренней структурой, существенной национальной спецификой и тесно связан с другими социально-экономическими институтами данной страны и ее конкретных регионов.

Ныне идет переосмысление роли предприятия в обществе, осознание институциональной роли предприятия как субъекта концентрации и воспроизводства ресурсов, формирования будущих потребностей и тенденций развития рынка. В связи с этим меняется и диверсифицируется понятие эффективности предприятия.

В Энциклопедическом словаре экономки и права термин *трансформация* несет два смысловых значения:

1) преобразование структур, форм и способов, изменение целевой направленности деятельности;

2) один из способов превращения, преобразования норм международного права в нормы внутригосударственного права.

2. Маркетинг-план. Четкий план мероприятий по продвижению, подразумевающий беспрекословное следование ему.

3. Маркетинговый календарь.

4. Печатные материалы.

5. Тематические статьи в специализированных журналах, возможно, платные.

6. Участие в выставках, в которых предполагается участие заинтересованных в вашей разработке лиц, либо посещение таких выставок без выступлений и стендов, но с саморекламой.

7. Почтовая рассылка материалов персонально возможным покупателям.

8. Электронная почтовая рассылка, персонифицированный формат письма.

9. Размещение подробной информации на веб-сайте, короткое и удобное доменное имя.

10. Оптимизация под поисковые системы.

11. Публикация в специализированных форумах, блогах, чатах и т. д.

12. Бесплатные консультации.

13. Бесплатные демонстрации вашего продукта или услуги.

14. Членство в специализированных организациях.

15. Стиль общения с потенциальными клиентами

16. Список клиентов, получивших ваш продукт, их рекомендации.

17. Список выгод, конкурентные преимущества.

18. Уровень сервиса.

19. Связи с общественностью, освещение в прессе.

20. Участие в публичных мероприятиях, стенд, бедж, короткая рекламная речь.

21. Последующее сопровождение клиента.

22. Доверие, репутация, сервис, качество, выбор, цена, дополнительные возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Science, technology and innovation in Europe, 2008.

2. Партизанский маркетинг. Простые способы получения больших прибылей при малых затратах : пер. с англ. / Джей Конрад Левинсон. – 2-е изд. – М. : Манн, Иванов и Фербер; Эксмо, 2013. – 432 с.

УДК 621.787

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

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

Большинство энергетических, транспортных и других машин работают в условиях динамических нагрузок, при действии которых существенное влияние на эксплуатационные характеристики оказывает состояние поверхностного слоя изделия. Важным фактором, влияющим на работоспособность поверхностного слоя, является его напряженное состояние.

Одним из способов упрочнения поверхностного слоя изделия является процесс поверхностного пластического деформирования, при котором деформирующие элементы (шарики) наносят удары по обрабатываемой поверхности. Данная задача относится к разряду контактных задач нелинейного характера. В процессе удара изменяется площадь контакта между соприкасаемыми телами, что предполагает учет геометрической нелинейности в процессе деформирования и использования пошагового метода расчета процесса нагружения. Кроме того необходимо также учитывать и физическую нелинейность, связанную с упругопластическим деформированием соприкасающихся изделий, особенно на начальной стадии контактирования. Решения данной задачи в аналитическом виде нет, поэтому предпринята попытка анализа с использованием численных методов. Наиболее апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя на практике является метод конечных элементов.

Первоначально рассматривалась общая задача обработки внутренней поверхности гильзы. На рис. 1 приведена конечно-элементная модель рассматриваемого процесса.

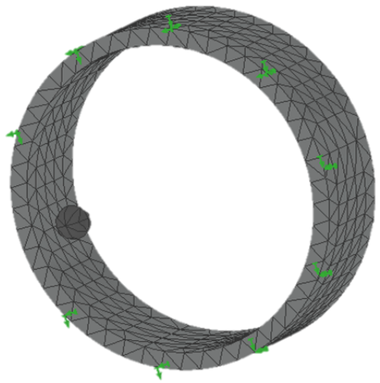


Рис.1. Конечно-элементная модель процесса упрочнения

том, различные уведомления налогового органа, а также извещение на уплату имущественных налогов физических лиц. Сервис «Электронная приемная» позволяет дистанционно записаться на прием к руководству налогового органа, а «Центр электронного информирования» предназначен для инициативного направления сообщений на электронные адреса плательщиков через Интернет.

Одним из институтов налогового администрирования является налоговый контроль. В настоящее время основной целью контрольных мероприятий налоговых органов Республики Беларусь является обнаружение нарушений налогового законодательства и взыскание причитающихся финансовых санкций в бюджет. Как показывает практика, основными причинами допущенных ошибок в исчислении налогов являются сложность и нестабильность налогового законодательства. Поэтому дальнейшее повышение привлекательности налоговой системы Республики Беларусь будет обеспечено за счет усиления предупредительной функции налоговых органов, направленной на предотвращение нарушений налогового законодательства.

К несовершенствам системы налогового администрирования в Республике Беларусь можно отнести ежегодные внесения изменений в Налоговый кодекс, которые обусловлены, прежде всего, необходимостью приведения его отдельных норм в соответствие с требованиями Таможенного союза, изменениями в других отраслях права, с решениями, принимаемыми Президентом Республики Беларусь, введением новых стимулирующих механизмов налогообложения, индексации ставок налогов, установленных в белорусских рублях. Ряд изменений направлен на решение вопросов, возникающих при практическом применении норм Налогового кодекса Республики Беларусь.

Согласно проведенному анализу, для оптимизации и эффективного функционирования налогового администрирования целесообразно принять следующие меры:

а) снижение временных и трудовых затрат на исчисление налогов за счет дальнейшего распространения системы электронного декларирования, в т. ч. в части упрощения механизма исправления ошибок без предоставления уточняющих сведений и пени, наряду со снижением его стоимости;

б) налоговые инспекции должны более тесно сотрудничать с налогоплательщиками по вопросам разъяснения налогового законодательства, порядка исчисления и уплаты налогов;

в) обеспечение стабильности налогового законодательства.

УДК 338

НАЛОГОВОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ УЛУЧШЕНИЯ НАЛОГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

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

Одной из наиболее острых проблем совершенствования налоговых отношений является повышение эффективности налогового администрирования. Решение этой проблемы является приоритетным направлением налоговой политики государства. Налоговое администрирование представляет собой особый вид управленческой деятельности, цель которой – привести организацию в состояние налогоплательщика, соответствующего интересам государства. Достижение такой цели выражается в полноте уплаты в бюджет соответствующих налогов. Не верно достигать такой цели, нарушая нормальный ритм финансово-хозяйственной деятельности налогоплательщика или требовать от него дополнительных затрат на урегулирование взаимоотношений с налоговыми органами. Среди мер по управлению налоговыми правоотношениями можно выделить следующие: налоговое планирование, налоговый аудит, совершенствование информационных систем, повышение уровня добросовестного отношения налогоплательщиков, повышение квалификации кадров налоговых органов и т. д.

На сегодняшний день налоговое администрирование в Республике Беларусь находится в стадии совершенствования. Хотя отдельные его элементы уже достаточно проработаны и выходят на новый уровень функционирования. Речь идет о системе электронного декларирования (СЭД), которая функционирует в республике уже пять лет. Ее использование позволяет облегчить для плательщиков процесс составления налоговых деклараций (расчетов), что значительно сокращает их временные и материальные издержки, в том числе на посещение налогового органа. Важным преимуществом СЭД является предоставление плательщикам при взаимодействии с налоговым органом возможности пользоваться различными электронными услугами. В настоящее время плательщики с помощью СЭД могут направлять в налоговые органы документы, обязанность представления которых установлена законодательством, в т. ч. при осуществлении административных процедур, а также запросы о разъяснении законодательства и получать ответы на них, заявлять о желании зачесть, вернуть излишне уплаченные суммы налогов, получать от налоговых органов сообщения о принятых решениях, перенести срок проведения плановой проверки. С 2013 г., используя сервис «Личный кабинет плательщика», пользователи могут получить выписку из лицевого счета, справку о расчетах с бюдже-

Модель оказалась очень громоздкой. Для ее упрощения был использован сформулированный Сен-Венаном принцип в рамках теории упругости. В соответствии с ним, если к какой-то малой по сравнению с размерами всего тела части приложена статически уравновешенная система сил, то она вызывает напряжения, быстро убывающие по мере удаления от места соприкосновения. Данный принцип позволяет заменять одни граничные условия (действующие силы) на другие (удобные для статических расчетов). Это называется методом смягчения граничных условий.

Учитывая осесимметричный характер модели, и используя принцип Сен-Венана, разработана модель упруго-пластичного удара в области контакта. На рисунке 2 показана реализованная в компьютерной среде SolidWorks модель, при формировании которой использовался тетраэдральный 10-ти узловой конечный элемент повышенной точности.

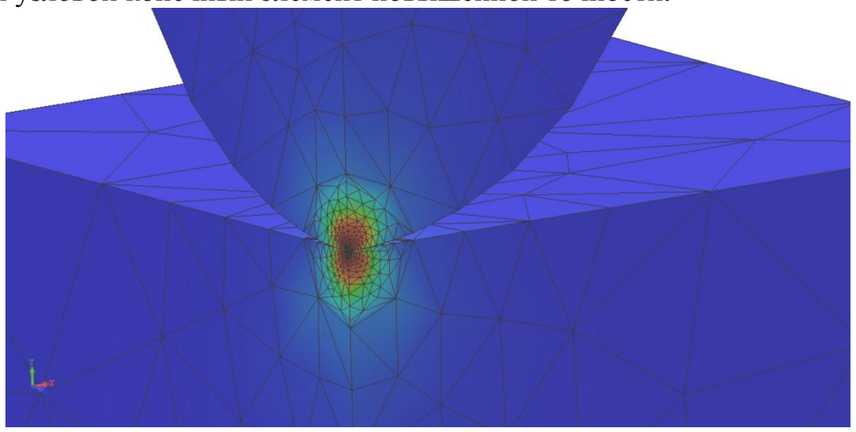


Рис. 2. Модель упругопластического удара в среде SolidWorks

Характер изменения остаточных узловых напряжений в радиальном направлении и по глубине приведены на рис. 3.

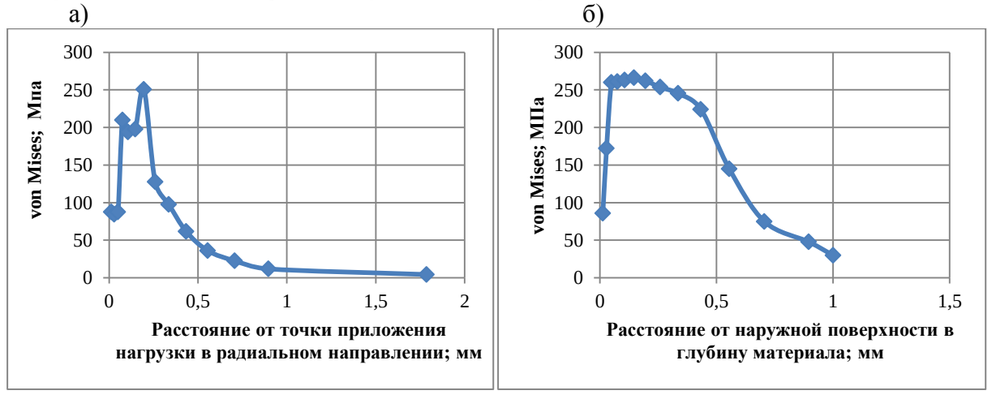


Рис. 3. Узловые напряжения в радиальном направлении контакта (а) и по глубине (б) в месте контакта

УДК 621.74:669.714

К РАСЧЕТУ ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

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

Качество отливки, полученной направленным затвердеванием, зависит от времени затвердевания. Оптимальное значение этого параметра обеспечивает высокое качество заготовок. Его значение можно получить, выполнив расчет температурного поля в отливке. В работах [1, 2] изложена методика и выполнен расчет температурного поля в цилиндрической тонкостенной отливке из силумина, полученной методом литья направленным затвердеванием от водоохлаждаемого стержня. В данной работе на основе экспериментальных данных, полученных из показаний термопар, построена аналитическая аппроксимация

$$r(t) \simeq r_2^{\frac{T_k - T_3(t)}{T_2(t) - T_3(t)}} \cdot r_3^{\frac{T_k - T_2(t)}{T_3(t) - T_2(t)}}, \quad 0 \le t \le t_f,$$

закона движения фронта затвердевания в отливке. Здесь r_2, r_3 – расстояния от оси отливки до термопар в ней, T_k – температура кристаллизации силумина АК12, $T_i(t) = T(r_i, t)$ $(i = 2,3)$ – распределения температурных полей для соответствующих термопар, t_f – время окончания процесса затвердевания.

В результате расчетов установлено, что при температуре кристаллизации $T_k = (578 \pm 2)$°C фронт кристаллизации в отливке $(32{,}5мм \le r \le 52{,}5мм)$ достигает ее внешней границы при $t_f \simeq 16\,сек$. Это значение t_f обеспечено оптимальным режимом струйной системы охлаждения отливки, рассчитанным на основе теории пограничного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов, К. Н. Методика расчета температурного поля в отливке, полученной методом направленного затвердевания / К. Н. Баранов, В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – С. 16–17.

2. Баранов, К. Н. Расчет температурного поля в отливке, полученной методом направленного затвердевания / К. Н. Баранов, В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 21–22.

отдельным товарам или предметам, но каждый раз по отношению ко всей совокупности продуктов отдельных обособившихся благодаря разделению труда общественных сфер производства; так что не только на каждый отдельный товар употребляется лишь необходимое рабочее время, но и из всего общественного рабочего времени на различные группы употреблено лишь необходимое пропорциональное количество. Ибо условием остается, чтобы товар представлял потребительную стоимость».

Для Маркса вовсе не представлялось загадочным и необъяснимым, когда покупатели предпочитают товар с более интенсивной полезностью, хотя он обходится им в данный момент дороже, чем его менее качественный аналог. Но он дороже не потому, что более полезен (это объективная видимость явления), а потому что удовлетворяет большую долю совокупной потребности и фактически уменьшает затраты покупателей труда на удовлетворение единицы последней. В этом же заключается стоимостная тайна используемого в практике торговли соотношения «цена/качество».

При объяснении стоимости и естественных цен товаров Рикардо не считал необходимым прибегать к явлениям «спроса» и «предложения». При ближайшем рассмотрении спроса и предложения исчезает их внешняя противоположность как явлений, измеряемых одной и той же мерой – деньгами. В результате имеет место бессодержательное определение категории стоимости: стоимость товара определяется взаимодействием стоимостей, представленных спросом и предложением. Смит считал, что естественная цена представляет собой центральную цену, к которой постоянно тяготеют цены всех товаров. Поэтому «равновесная цена» Маршалла не является открытием для классической школы. Что касается рыночных цен, то на первый взгляд их значения всецело определяются только соотношением спроса и предложения. Но если бы это было так, то в этом случае естественные цены всех товаров имели бы нулевое значение. Поскольку такого не наблюдается, значит, в основе как естественных, так и рыночных цен лежит нечто иное, нежели спрос и предложение. Научная логика неумолимо движет к необходимости признания издержек как явления первичного к отношению не только к спросу, но и к предложению. Эта логика причинности на самом деле присуща в завуалированном виде и Маршаллу.

Поэтому можно утверждать о синтезе трудовой теории стоимости и маржиналистской теории полезности. Фактически трудовая теория стоимости и теория полезности рассматривают одну и ту же проблему формирования общественно необходимых затрат труда на производство товара. Каждая из этих теорий дает лишь одностороннее знание. Так, трудовая теория стоимости, исходя из советской практики, по сравнению с маржиналистской теорией полезности не акцентирует достаточное внимание на особых условиях ценообразования при производстве высокотехнологичных инновационных разработок, чтобы в короткие сроки покрыть затраты на их конструкторскую и технологическую подготовку производства.

УДК 621.9

СИНТЕЗ ТРУДОВОЙ ТЕОРИИ СТОИМОСТИ И МАРЖИНАЛИСТСКОЙ ТЕОРИИ ПОЛЕЗНОСТИ

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

Трудовая теория стоимости Смита – Рикардо – Маркса – основа ценообразования. В определенных ситуациях она конкретизируется маржиналистской теорией полезности и цены. Когда говорится о затратах для производителя и полезности для потребителя, то речь идет о разных основах формирования цены у покупателя и продавца. Первый в определении цены исходит из полезности товара, тогда как второй – из издержек его производства.

В теоретическом восприятии стоимость имеет строгую логическую определенность, понимание которой исключает произвол в трактовке ее собственно экономического содержания. Логическая определенность стоимости товаров впервые была установлена Аристотелем. В обмене взятых в известной пропорции двух товаров он усмотрел акт равенства (5 лож = 1 дому), возможный как рациональное действие лишь при условии соизмеримости этих товаров и, следовательно, при наличии у них общего качества, собственно и делающего их соизмеримыми. В содержательном смысле Аристотелю не удалось найти искомое общее качество товаров, и факт эквивалентности их обмена остался для него парадоксом. В дальнейшем это нашло развитие в трудах последующих видных экономистов. Так, Сэй утверждал, что полезность придает товару стоимость (меновую стоимость). Рикардо считал, что полезность необходима меновой стоимости, но не может быть ее источником и мерой. Он заметил, что меновая стоимость железа ниже, чем меновая стоимость золота, хотя все считают золото менее полезным металлом. Эта ситуация в маржинализме решается введением категории меновой абстрактной или субъективной полезности.

Один товар отличается от другого как объективная полезность (потребительная стоимость), тогда как своей меновой стоимостью и ценой они обнаруживают общую (стоимостную) определенность. Вместе с тем в теории стоимости Маркса потребительная стоимость не только выступает как «определенность формы» стоимости, но и представляет общественно необходимые затраты труда. Последние лишь на первый взгляд характеризуют величину стоимости единицы товара. На самом же деле они оказываются затратами на единицу удовлетворяемой данным товаром общественной потребности. «Закон стоимости, – формулирует Маркс в третьем томе «Капитала», – в действительности проявляется не по отношению к

УДК 664.012

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ-МАНИПУЛЯТОРАМИ

А. В. ГОСПОД, И. Э. ИЛЮШИН, М. М. КОЖЕВНИКОВ,
Л. А. ЛОБОРЕВА, Д. А. ЧАЙКИН
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

В процессе управления роботом-манипулятором можно выделить два основных этапа: планирование траектории и её реализацию. На сегодняшний день зачастую задачу планирования берет на себя оператор, то есть имеет место программирование методом обучения. Однако в виду усложнения автоматизируемых технологий, а также требований по сокращению сроков подготовки мелко- и среднесерийного производства существует тенденция максимального освобождения оператора от программирования методом обучения и переходу к программному планированию траекторий.

Для приближенного описания свободного от столкновений конфигурационного пространства робота применена карта вероятных траекторий (*probabilistic roadmap, PRM*). Данный подход заключается в формировании случайным образом большого количества конфигураций и удаления тех из них, которые не проходят тест столкновений. После этого любые два узла соединяются прямой линией. В результате выполнения этих операций создается рандомизированный граф в свободном конфигурационном пространстве. После того, как к этому графу добавлены позиции начальной и целевой конфигураций, задача управления сводится к поиску траектории на дискретном графе.

Однако нерегулярная форма препятствий приводит к тому, что сходимость алгоритма *PRM* не достигается за приемлемое для практики время, особенно при выявлении в конфигурационном пространстве робота «проблемных зон». Исходя из этого, алгоритм *PRM* был модифицирован за счет использования метода решетчатой карты траекторий (*lattice roadmap, LRM*): проблемные зоны конфигурационного пространства робота дискретизируется на основе решетки. Далее производится поиск фрагмента траектории между двумя конфигурациями робота, принадлежащими графу, полученному по методу *PRM* и находящимися в окрестности проблемной зоны. Если такой фрагмент траектории найден, то все принадлежащие ему конфигурации включаются в множество вершин графа.

Для тестирования разработанных алгоритмов предлагается методика, основанная на применении реального мобильного робота, созданного на

элементной базе Arduino, и модуль в программном обеспечении Matlab, реализующий модель роботов Puma, Stanford и Fanuc (6 степеней свободы). Робот имеет следующую общую схему представленную на рис. 1. Операционная система (ОС) Android обрабатывает все данные и проводит вычисления. На основании результатов вычислений по Bluetooth (Bt) каналу передаются команды, принимаемые Bt модулем и в дальнейшем поступающие по последовательному порту в Arduino. Arduino обрабатывает поступившие команды и выполняет их при помощи моторов. Кроме того, в Arduino поступают данные от сенсоров и датчиков, которые приводятся в удобный вид и отправляются при помощи Bt модуля в ОС.

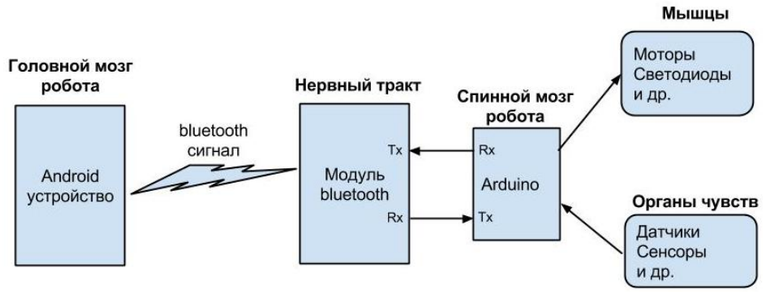


Рис. 1. Общая схема робота

Питание на Arduino подается по USB кабелю, который подключается к компьютеру, по нему же загружается и программное обеспечение (скетч) выполняемое на нем (рис. 2). Необходимо отметить, что загружать скетч в Arduino можно только тогда, когда отключено питание от Bt модуля (Вывод (17) 3V3), в противном случае возникает ошибка.

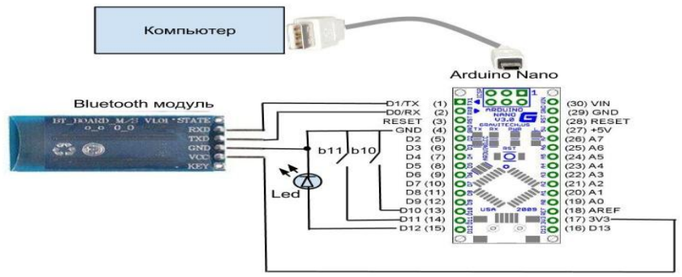


Рис. 2. Схема подключения Arduino Nano к компьютеру

Разработана методика тестирования алгоритмов автоматического управления роботов-манипуляторов основанная на применении реального мобильного робота, созданного на элементной базе Arduino, и модуль в программном обеспечении Matlab, реализующий модель роботов Puma, Stanford и Fanuc (6 степеней свободы).

процесс обучения наукоёмких изучаемых дисциплин, желательности наличия определенных навыков работы в данной области;

– превращение педагога системы образования взрослых в эксперта в области современных технологий образования, автора учебной программы, организатора совместного планирования, реализации, анализа и рефлексии учебного процесса и участия в нем как наставника-консультанта, обеспечивающего психологическое, методическое, педагогическое сопровождение учебной деятельности и др.;

– переход взрослого обучающегося в равноправный субъект управления учебным процессом, включая все технологические этапы (анализ потребностей в образовании, определение целей, планирование, организацию, реализацию, контроль и коррекция результатов обучения), и участие его в совместном процессе обучения в условиях индивидуального и элективного подхода на основе системного управления развитием образовательных потребностей;

– финансирование за счет, как правило, внебюджетных средств работодателей, средств физических лиц, без потерь экономики от интеллектуальной миграции.

– переход ответственности за усвоение знаний от преподавателя к обучаемому, когда учебный процесс персонифицируется самим обучающимся, т. е. проектом, который он сам формулирует и реализует, согласовывая знания, полученные из разных источников субъективным образом;

– изменение подходов к оценке и признанию учебной деятельности, ее результатов и разработке высококачественной системы аккредитации предыдущего и неформального образования, общепризнанной в европейском контексте;

– применение системного подхода по оптимизации учебного процесса с приемлемыми затратами, доступностью и равноправием всех категорий взрослых людей, социальная общность которых определяет границы потребного обучения;

– высокую эффективность обучения за счет сокращения сроков его получения, не дублирования учебного материала, открытости образовательных программ, отражающих регионально-отраслевой заказ предприятий и динамику запросов общества, состояние науки и техники, соответствие уровня подготовки требованиям государственных стандартов и др.;

– необходимость точного и полного понимания, удовлетворения требований и ожиданий представителей конкретных областей профессиональной деятельности относительно уровня и качества образовательных услуг в таких критериях, как время, место, продолжительность, содержание, форма проведения учебного процесса с возможностью уменьшения степеней свободы учреждения образования и преподавательского персонала;

– преодоление маргинального статуса непрерывного образования в университетах, выражающегося в приближении учебного процесса к реальной практике с быстрым откликом на меняющиеся запросы социального окружения, соответствующей ролью преподавателей, использовании на постоянной основе материального и интеллектуального ресурсов вуза, кооперации деятельности с другими учебными заведениями региона, формирующими широкий спектр образовательных услуг в сфере;

– устранение академичности учебного процесса с репродуктивно-информационной передачей знаний без учета индивидуальных способностей и накопленного профессионального опыта обучающегося с применением интерактивных методик без процедур формального контроля в условиях, как правило, совмещения трудовой деятельности с соответствующей перегрузкой и жесткими временными рамками, связанной с профессиональным и карьерным ростом;

– создание инновационных моделей обучения с учетом главных принципов образования взрослых: в виде возрастных особенностей обучающихся, личной ответственности, актуализации образовательных потребностей, аддитивности и комплементарности, непрерывности включенности в

УДК 621.7.043:621.785

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ У8 С ДИФФУЗИОННО-УПРОЧНЕННЫМ СЛОЕМ

Я. А. ЕРМАЧЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

При изготовлении инструмента, работающего в условиях знакопеременных нагрузок, в качестве материала применяют высоколегированные инструментальные стали. Повышение эксплуатационных характеристик инструмента достигается диффузионным упрочнением поверхностного слоя. Применительно к штамповому инструменту основными параметрами, отвечающими за безотказную работу инструмента, являются высокая твердость, жесткость, износостойкость. Точное воссоздание профиля гравюры имеет важное значение при изготовлении сложнопрофильных поверхностей высадочного инструмента. В этом случае, изготовление штампов предполагает применение холодного выдавливания полости инструмента [1].

Объектом исследования являлась сталь У8, упрочненная посредством борирования совмещенного с термической обработкой. Исследования проводили на кубических образцах подвергаемых холодной деформации сжатием. Для обеспечения максимальной пластичности металла охлаждение контейнера с образцами проводили со скоростью 35 градусов в час. Пластичность материала определяли путем измерения линейных размеров образцов по трем направлениям (осям), при одноосном сжатии. Изменение пластичности материала фиксировалось построением диаграмм сжатия в осях «напряжение-деформация». Образцы деформировали по упрочненному слою.

Для оценки технологической пластичности была предложена следующая методика: на поверхность образца наносилась координатная сетка с определенным шагом. Внешнее нагружение осуществлялось ступенчато. После каждого нагружения снимались параметры изменения координатной сетки и внешних размеров образца. Выявлено, что внутренние и внешние изменения образца и координатной сетки практически прямопропорциональны (рис. 1.)

Рис. 1. Изменения образца и координатной сетки

Исследована технологическая пластичность инструментальной стали У8 с диффузионным науглероженным слоем. Показана возможность определения технологической пластичности материала при деформации «по упрочненному слою» в холодном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бунатян, Г. В.** Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки / Г. В. Бунатян, В. А. Скуднов, А. И. Хыбемяги. – М. : Машиностроение, 1998. – 182 с.

УДК 378

СИСТЕМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ

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

Конструирование ясной и непротиворечивой системы управления, реализующей принципы дополнительного образования взрослых в рамках социокультурного наследования и развития профессионального опыта, допускает следующие преобразования:

– социально-экономическое развитие страны путем роста ВВП, формирования внутреннего рынка услуг, снижения административных расходов, развития человеческого капитала, увеличения затрат на НИОКР и продвижения идей информационного общества, основанного на знаниях и компетенциях;

– получение качественно нового, практико-ориентированного образования, направленного на повышение конкурентоспособности, достижение более полной занятости населения и экономической независимости через увеличение инвестирования путем высвобождения времени на образование (отпуска, стажировки и т. д., предоставление кредитов на образование);

– создание постоянно действующих правовых механизмов поддержки перемещения обучающегося как внутри системы образования, так и из системы образования на рынок труда и обратно для повышения квалификации и дополнительного обучения при сохранении государственных гарантий на образование;

– удовлетворение растущего спроса рынка труда на специалистов с профессиональным уровнем компетенций, владеющих несколькими смежными профессиями, через активизацию обучения путем повышения квалификации и профессиональной переподготовки;

– разработку программно-телекоммуникационной педагогической системы с едиными технологическими средствами ведения учебного процесса, его информационной поддержкой и документированием, с приоритетами личной мотивации, критического мышления и умения учиться, самостоятельно и рационально распоряжаться полученными знаниями, навыками и компетенциями с учетом профессиональной и социально-значимой деятельности;

– развитие наставничества и консультирования в условиях свободного доступа к информации об образовательных возможностях с помощью ближайших к дому сети учебных и консультационных пунктов, а также путем применения средств информационно-коммуникационных образовательных технологий;

характерные особенности, среди которых выделены:

– неопределенность;

– неожиданность;

– неуверенность;

– предположение, что успех придет.

Инновационный риск возникает при вложении средств в производство новой продукции (товаров и услуг), которая в дальнейшем становится невостребованной рынком. Он образуется в результате неопределенностей в инновационной сфере: выработка инновационной идеи; реализация идеи в продукте или технологии; реализация соответствующего продукта на рынке. При наступлении инновационного риска возможны два исхода:

1) положительный результат (получение дохода);

2) отрицательный результат (убытки (потери) предприятия). Убытки предприятия, обусловленные возникновением инновационного риска, представлены на рис. 1.

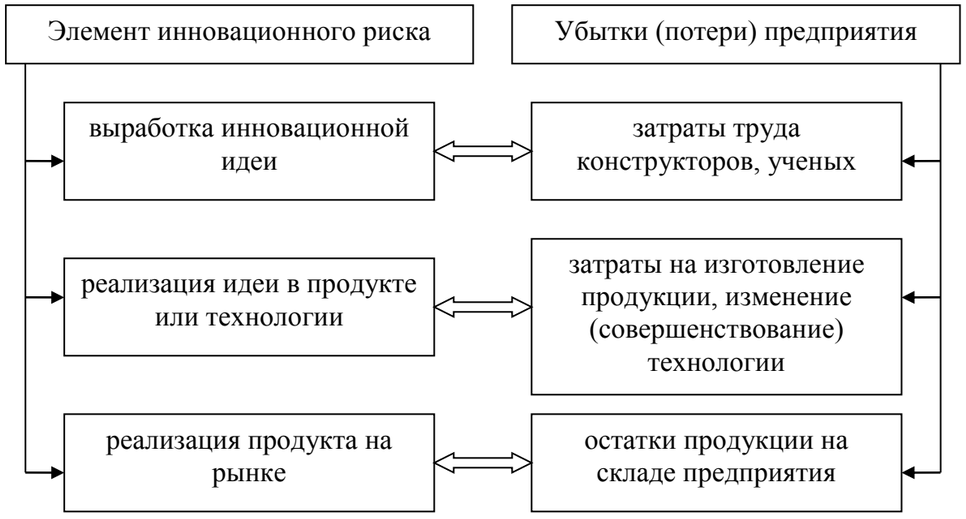


Рис. 1. Убытки предприятия, обусловленные возникновением инновационного риска

Таким образом, разработка и реализация инноваций способствует повышению эффективности и конкурентоспособности организаций, но неразрывно связана с риском. С целью наступления положительного результата на предприятии необходимо создавать и постоянно совершенствовать систему управления риском, представляющую собой совокупность методов, рычагов, факторов, посредством которых осуществляется оценка, планирование, регулирование, репортинг и предупреждение риска.

УДК 621.792

ПЕРСПЕКТИВЫ СКЛЕИВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М. Л. КАЛИНИЧЕНКО
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Клеевой материал является сложной многокомпонентной системой, основой которой является олигомер (мономер или даже полимер), и состоит из макромолекул.

Области применения клеев очень разнообразны и также многообразны теоретические подходы к определению критериев, определяющих целесообразность склеивания, и к обоснованию механизмов адгезионного взаимодействия. Этими проблемами занимаются не только клеевики, но и специалисты, разрабатывающие полимерные композиционные материалы, лакокрасочные материалы, резинокордные изделия и др. [1].

Рост производства полимерных клеев во всем мире происходит очень высокими темпами. Например, в Европе каждые 10 лет их выпуск увеличивается в 2 раза, в Китае за последние 15 лет производство клеевых материалов увеличилось более чем в 5 раз. Сегодня в мире насчитывается более 1500 крупных производителей клеевых материалов, которые выпускают более 250 000 различных клеев. Образованы ассоциации производителей клеящих и уплотнительных материалов: американская (AST), европейская (FEICA), японская (JAIA и JSIA). Потребление клеящих и уплотнительных материалов (без учета бытовых клеев) распределяется следующим образом (%) : переработка бумажной продукции и упаковка – 35; строительство – 24; деревообрабатывающая и мебельная промышленность – 21; машиностроение и приборостроение – 10; остальное – 10. Глобальное производство клеящих материалов ориентируется на дальнейшее слияние производителей. Стоимостная доля ведущих производителей клеев на мировом рынке (%) : Henkel – 12; 3M – 9; Avery Dennison – 7; HB Fuller – 6; National Starch – 6; Atafina – 5; Rohm & Hachs – 5; остальные – 51. В отечественном машиностроении наибольшее распространение получили клеящие и уплотнительные материалы следующих зарубежных фирм: Henkel (Германия); 3M (США), Three Bond (Япония); Soudal NV (Бельгия) и некоторые другие [2].

Применение клеящих материалов в машиностроении рационально в следующих случаях: соединение разнородных материалов; склеивание многослойных конструкций; изготовление листовых материалов; приклеивание усиливающих элементов конструкции; конструктивное склеивание, т. е. изготовление силовых конструкций: в самолетостроении; в ракетно-космическом производстве; в автомобилестроении в конструкциях для глубокоподводного погружения и т. д.; вклеивание пробок, втулок, шпи-

лек, создание соединений типа вал-ступица; герметизации агрегатов; временное крепление элементов конструкции, целью которого является использование клеевого соединения в течение короткого периода времени вместо других средств сборки [2].

Одной из областей использования адгезивных материалов является ремонт машин и оборудования. С помощью клеевых материалов устраняют такие повреждения, как трещины, пробоины, коррозионные повреждения в корпусных деталях. Весьма эффективным является устранение повреждений в полевых и военных условиях (ремонт газонефтедобывающего оборудования, трубопроводов, тракторов, машин многоцелевого назначения и т. д.). Проблема ремонта емкостей для хранения горюче-смазочных материалов просто решается при использовании клеящих материалов. Клеи широко применяют не только для ремонта трубопроводов на промышленных предприятиях, но и в городском хозяйстве [2].

На базе университета были проведены исследования по замене процесса компактирования титана с помощью методов порошковой металлургии на компактирование методами склейки. Было выявлено [3], что при тех или иных условиях процесс склейки может конкурировать с традиционным прессованием, как по электропроводимости, так и по физико-механическим свойствам. Было установлено, что процесс склейки может заменить процессы холодного и горячего прессования компактно-пористых материалов. Оптимизация данной технологии позволит отказаться от дорогостоящего оборудования в порошковой металлургии и ускорить совместно с удешевлением и процесс производства пористых и компактно пористых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вильнав, Ж. Ж.** Клеевые соединения : пер. с фр. / Ж. Ж. Вильнав. – М. : Техносфера, 2007. – 385 с.

2. Склеивание в машиностроении : справочник в 2 т. / Д. А. Аронович [и др.]; под общ. ред. Г. В. Малышевой. – М. : Наука и технологии, 2005. – Т. 2. – 544 с.

3. **Калиниченко, М. Л.** Современные методы и технологии создания и обработки материалов / М. Л. Калиниченко, В. А. Калиниченко // сб. науч. тр. X Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2015. – Кн. 2. – С. 196–199.

УДК 658.18

ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИЙ НА ВЕЛИЧИНУ РИСКА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. В. РОМАНЬКОВА, Е. С. СТЕЖКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Современное состояние рыночной экономики характеризуется новым этапом развития, связанным с усилением роли науки и знаний. Это проявляется в первую очередь усилением конкурентной борьбы среди субъектов хозяйствования, обладающих способностью разрабатывать и внедрять инновации.

Разработка новых технологий, производство новой продукции, товаров и услуг является для организаций важнейшей стратегической целью дальнейшего развития и повышения эффективности.

В результате изучения литературных источников выявлено три группы факторов, побуждающих предприятия к созданию новой продукции:

1) потребность в новшестве, т. е. новая продукция появляется в результате растущих запросов потребителей, реализовать которые должны предприятия-изготовители;

2) научно-технический прогресс, стимулирующий предприятия к разработке новшеств;

3) конкуренция, способствующая исчезновению с рынка некачественной и морально устаревшей продукции.

Для организации производства новой продукции на предприятии необходимо решить следующие задачи:

– определить рынки сбыта новой продукции;

– разработать мероприятия по продвижению новой продукции на рынок;

– проанализировать конкурентоспособность новой продукции;

– выбрать вариант перехода производства на выпуск новой продукции;

– разработать план производства по выпуску новой продукции;

– организовать материально-техническое снабжение производства новой продукции;

– обеспечить финансирование работ по производству новой продукции и др.

В условиях рыночной экономики риск является неотъемлемой атрибутивной характеристикой коммерческой (предпринимательской) деятельности.

В литературе, посвященной управлению риском, представлены его

– энергия должна доставляться на рабочие места бесперебойно и в необходимом количестве. Перебои в снабжении энергией вызывают прекращение процесса производства, нарушение технологии;

– энергия потребляется неравномерно в течение суток и года. Это вызвано природными условиями (летние и зимние периоды, день, ночь) и организацией производства;

– мощность установок по производству энергии должна обеспечивать максимум потребления.

Энергообеспечение большинства промышленных предприятий построено на:

– централизованной системе;

– самообеспечении;

– комбинированном варианте.

При использовании централизованной системы предприятия получают энергоносители со стороны:

1) электроэнергию – от энергетической системы (через заводскую понизительную подстанцию) или от заводской электростанции, связанной с энергетической системой;

2) пар – по тепловой сети районной энергетической системы при заводской теплоцентрали;

3) газ – из сети дальнего газоснабжения природным газом.

Потребляемые предприятием энергоресурсы могут производиться и на самом предприятии (самообеспечение): электроэнергия – на заводской электрической станции, пар и горячая вода – в котельных, генераторный газ – на газогенераторной станции.

При комбинированном варианте обеспечения энергоресурсами часть энергии покрывается за счет ее обеспечения от собственных установок, а часть – централизованно.

Изучение литературных источников по теме исследования показало, что наиболее экономичной формой энергоснабжения крупных промышленных предприятий является включение заводской теплоэлектроцентрали в энерготехническую систему. В данном случае, если предприятию требуется дополнительное количество энергии, оно забирает ее из энергосистемы. Это избавляет изолированные заводские электростанции от необходимости иметь дополнительные мощности для обеспечения максимальной нагрузки в часы пик, но когда снижается потребность в электроэнергии, такая станция может отдавать избыточную электроэнергию в энергосистему.

Таким образом, в связи с повышающейся ролью энергопотребления в обеспечении бесперебойного функционирования производственного процесса, возрастает значение логистики энергоснабжения, направленной на снижение издержек производства и повышения уровня рентабельности промышленных предприятий.

УДК 536.24+66.015.23

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ (НЕЛИНЕЙНЫЙ СЛУЧАЙ)

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

В работе [1] предложен метод построения решения задачи [2, с. 29]:

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\lambda\frac{dT}{dr}\right)+q_V=0,\ T(r_1)=\tilde{T}_1,\quad T(r_2)=\tilde{T}_2;\quad 0<r_1<r_2,$$

в случае, когда $\lambda=\lambda(T)$, $q_V=w_0(1+bT)$.

В данной работе рассматривается случай, когда не только λ, но и q_V – произвольные функции температуры T [2, с. 16]. Соответствующий алгоритм имеет вид:

$$Y_{k+1}(r)=\frac{\tilde{T}_2-\tilde{T}_1}{r_2-r_1}-\int_{r_1}^{r_2}\varphi(r,s)\left[\frac{q_V(T_k(s))}{\lambda(T_k(s))}+\frac{1}{s}Y_k(s)+\frac{\lambda'(T_k(s))}{\lambda(T_k(s))}Y_k^2(s)\right]ds,$$

$$T_{k+1}(r)=\tilde{T}_1+\int_{r_1}^{r}Y_{k+1}(s)ds,\quad k=0,1,2,...,$$

где $T_0=0, Y_0=0, \lambda'(T)=d\lambda(T)/dT$, $\varphi(r,s)=\begin{cases}\dfrac{s-r_1}{r_2-r_1}, & r_1\le s\le r\le r_2,\\ \dfrac{s-r_2}{r_2-r_1}, & r_1\le r<s\le r_2.\end{cases}$

По методике, используемой в [3], исследованы вопросы сходимости, скорости сходимости предлагаемого алгоритма. Для иллюстрации применения алгоритма рассмотрена модельная задача.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **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. 2013 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2013.

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

3. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ краевой задачи Валле-Пуссена для линейного матричного уравнения Ляпунова второго порядка. / В. Н. Лаптинский, А. И. Кашпар. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – Ч. 1. – 48 с. – (Препринт / Ин-т технол. металлов НАН Беларуси; № 35).

УДК 517.9+629.7

МНОГОТОЧЕЧНАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ С НЕРАЗДЕЛЯЮЩИМИСЯ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ В НЕКРИТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ

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

Рассматривается задача управления

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + Q(t)u, \tag{1}$$

$$\sum_{i=0}^{p} K_i x(t_i) = 0, \tag{2}$$

$$\sum_{j=0}^{k_s} N_{sj} x(t_{sj}) = h_s, \quad s = 0, 1, \ldots, m, \tag{3}$$

где $x \in \mathbb{R}^n, u \in \mathbb{R}^r (r \le n), A \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n\times n}), Q \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n\times r}), I = [0, \tilde{T}), 0 < \tilde{T} \le \infty; K_i, N_{sj}, h_s, t_i, t_{sj}, k_s, p, m$ – заданные величины типа [1].

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [2], предлагается методика решения задачи (1–3) в некритическом случае, которая представляет интерес в связи с широким кругом прикладных задач [2].

Основные структурные элементы этой методики:

– исследование однозначной разрешимости и построение решения задачи (1), (2) при любом кусочно-непрерывном управлении $u(t)$ (с помощью [3]);

– по методике [1] (с использованием подходящих весовых функций) исследование существования и построение функции $u(t)$ из (3) по решению задачи (1), (2).

Одним из возможных обобщений задачи (1) – (3) является задание условий (2), (3) с использованием общих функционалов типа [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. **Лаптинский, В. Н.** Многоточечная задача управления с квазиразделенными краевыми условиями // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2015 г. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 325.

3. **Бондарев, А. Н.** Многоточечная краевая задача для уравнения Ляпунова в случае сильного вырождения краевых условий / А. Н. Бондарев, В. Н. Лаптинский // Дифференц. уравнения. – 2011. – Т. 47, № 6 – С. 776–784.

4. **Лаптинский, В. Н.** Об одной задаче теории векторных пространств / В. Н. Лаптинский // X Белорусская математическая конференция : тез. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 3–7 нояб. 2008 г. – Минск : Ин-т мат. НАН Беларуси, 2008. – Ч. 3. – С. 65.

УДК 620.93:621(476)

ЛОГИСТИКА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

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

Промышленные предприятия являются крупнейшими потребителями различных видов топлива и энергии, т. к. любой технологический процесс требует определенного расхода топлива, электрической и тепловой энергии. С развитием научно-технического прогресса и ростом производства потребление энергии систематически растет, что влечет за собой увеличение доли затрат на энергоресурсы в себестоимости реализованной продукции.

Целью логистики энергообеспечения является удовлетворение потребности производства в энергоресурсах с максимально возможной экономической эффективностью.

Среди ее основных функций предлагается выделить:

– формирование стратегии приобретения энергоресурсов и прогнозирование потребности в них;

– получение предложений от поставщиков и их оценка;

– выбор поставщиков энергоресурсов;

– определение потребностей в топливно-энергетических ресурсах;

– согласование цены заказываемых ресурсов и заключение договоров на поставку;

– контроль за сроками поставки энергоресурсов;

– выходной контроль качества энергетических ресурсов и их размещение;

– доведение топливно-энергетических ресурсов до производственных подразделений;

– поддержание на нормативном уровне запасов топливно-энергетических ресурсов в хранилищах;

– внедрение энергосберегающих технологий, реализуемых посредством заключения энергосервисных договоров, согласно которым специализированная энергосервисная компания оказывает полный комплекс работ по внедрению энергосберегающих технологий на предприятии заказчика за счет привлеченных кредитных средств.

Энергообеспечение предприятия имеет специфические черты, обусловленные особенностями производства и потребления энергии:

– производство энергии, как правило, осуществляется в момент потребления;

– обоснованный выбор и разработка управленческих решений по повышению потенциала конкурентоспособности предприятия.

При определении конкурентоспособности предприятия учитывались показатели из состава таких групп, как конкурентоспособность продукции, товарно-сбытовые возможности предприятия, организационно-техническое совершенство производство, финансовое состояние, прибыльность и имидж предприятия.

Ассортиментная политика или управление портфелем продукции – это формирование сбалансированного продуктового портфеля включающего как продукты, приносящие стабильную и предсказуемую прибыль компании, так и продукты, которые пока еще не являются «распробованными» рынком, но в будущем сулят хорошие перспективы.

Для формирования сбалансированного портфеля в работе использована следующая методика. Анализ структуры реализации продукции и АВС-анализ необходимо провести для выявления товаров, которые являются наиболее значимыми для предприятия. Для оценки степени сбалансированности портфеля продукции могут применяться матричные методы (матрица BCG и матрица ADL), которые определяют продукты, обеспечивающие сбалансированный портфель. В результате применения разностного метода можно выявить сильнейших конкурентов, однако при этом сложно определить «слабые места» анализируемых продуктов. Для выявления существующих проблем необходимо построение «радара» конкурентоспособности. На основе полученной информации можно осуществлять поиск и обоснование мероприятий по повышению конкурентоспособности продукции.

При оценке конкурентоспособности предприятия проведен анализ и диагностика внешней среды с целью учета влияния факторов макроэкономического характера (государственного регулирования экономики, экономической стабильности в регионе, характера и особенностей конкуренции на рынках в регионе и за рубежом) с применением SWOT-анализа и методов позиционирования возможностей и угроз, результаты которого использованы для обоснования мероприятий.

Рассмотренная методика реализована в виде программной системы, которая применялась для анализа и синтеза управленческих решений для предприятия ОАО «Могилёвский завод «Электродвигатель». В результате для наиболее значимых видов продукции предложены мероприятия по повышению конкурентоспособности, с учетом которых при реализации производственной программы за счет синергетического эффекта (снижение затрат, увеличение спроса) ожидается повышение рентабельности производства и эффективности деятельности предприятия.

УДК 621.9.025.7

ВЛИЯНИЕ ЗАДНЕГО УГЛА НА РЕЗЦЕ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ВСТАВОК ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

А. М. ЛЕВДАНСКИЙ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

У алмазных резцов, работающих методом врезания, геометрия резца, а именно переднего γ и заднего α углов, изменяется в небольших пределах за счет изменения соотношения этих углов без изменения угла заострения.

Исследования влияния заднего угла α алмазного резца с механическим креплением вставок из поликристаллов искусственного алмаза на шероховатость поверхности при обработке производились на образце диаметром 100 мм из алюминиево-магниево-кремниевого сплава системы Al-Mg-Si марки АК9ч. Особенностью этого резца является возможность сменности режущего элемента, как за счет механического способа его закрепления, так и за счет возможности регулировки положения режущей кромки. Обработка производилась на одношпиндельном румынском токарно-винторезном станке нормальной точности SN 501 без применения смазывающе-охлаждающей жидкости (рис. 1).

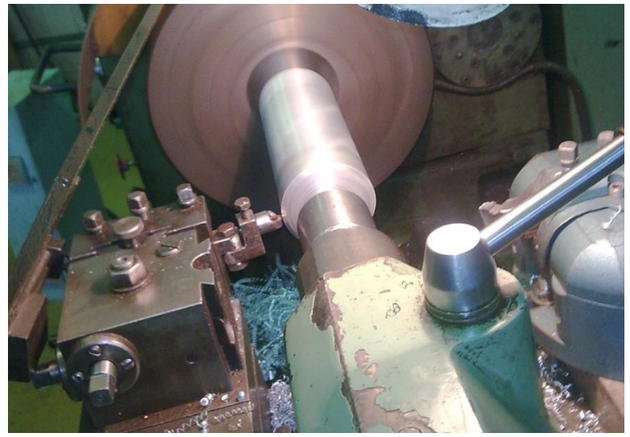


Рис. 1. Экспериментальная установка

Для выявления влияния величины заднего угла на качество поверхности использовались следующие установки режущего элемента на алмазном резце со следующей геометрией: от положения $\alpha = 0°$, $\gamma = -10°30'$ до положения $\alpha = 5°$, $\gamma = -10°30'$ (рис. 2).

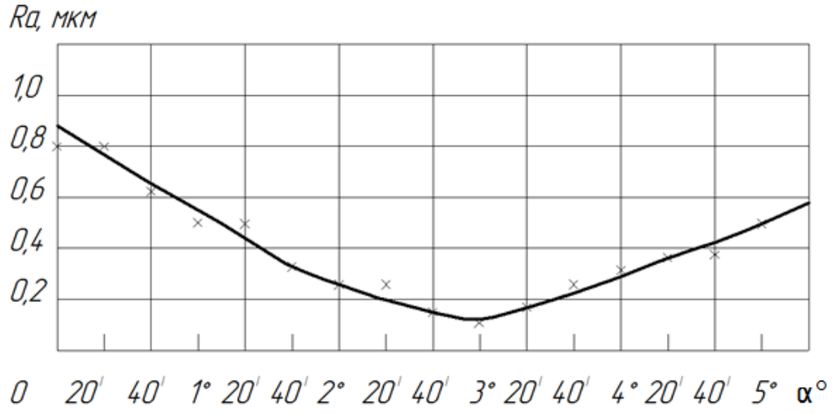


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от величины заднего угла резца (v = 314 м/мин, s = 0,05 об/мин)

При заднем угле, равном 0° и меньше, наблюдается сильная деформация обработанной поверхности вследствие трения ее о заднюю грань алмазного резца.

По мере увеличения заднего угла шероховатость обработанной поверхности улучшается, пропадают следы деформации (вследствие трения задней грани), но при этом на обработанной поверхности появляются вдавленные мельчайшие частицы стружки и поверхность приобретает рябой характер. Это явление может возникать при заднем угле 20', достигает максимального значения при заднем угле, равном 1°, и почти полностью пропадет при заднем угле 2°.

Оптимальное значение заднего угла находится в пределах 2°30' – 3° для алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Si марки АК9ч. В этом случае обработанная поверхность практически не имеет никаких дефектов, за исключением вскрытых пор и других дефектов материала, следовательно, шероховатость получается высокого качества.

При заднем угле более 4° на обработанной поверхности начинают появляться следы микровибраций, что ухудшает качество поверхности.

Полученные результаты и их анализ позволяют сделать вывод о том, что для всех изготовляемых резцов, следует придерживаться правила: задний угол должен быть равен 2–4°; при этом, чем выше твердость материала, тем больше должен быть угол в указанных пределах.

УДК 339.138

ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Т. В. ПУЗАНОВА, А. О. ЕРМОЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Конкурентоспособность субъектов хозяйствования является одной из важнейших интегральных характеристик, используемых для оценки эффективности их экономической деятельности.

Конкурентоспособность продукции и конкурентоспособность предприятия-производителя продукции соотносятся между собой как часть и целое. Возможность компании конкурировать на определенном товарном рынке непосредственно зависит от конкурентоспособности товара и совокупности экономических методов деятельности предприятия. Однако, учитывая, что в настоящее время предприятия могут производить различные виды продукции и одновременно работать на различных товарных (отраслевых) рынках в рамках стратегий диверсификации, уровень конкурентоспособности предприятия и уровень конкурентоспособности продукции, производимой им, не совпадают. Рассмотрение конкурентоспособности организации через призму конкурентоспособности продукции – подход, реализуемый на оперативном или тактическом уровне управления, предполагающий принятие управленческих решений, позволяющих локализовать неблагоприятную ситуацию и минимизировать возможные потери. Стратегическая же конкурентоспособность возможна при наличии у организации устойчивых управляемых конкурентных преимуществ на длительную перспективу, одним из которых является альтернативный набор стратегий конкурентоспособности организации.

Для многих белорусских предприятий задача повышения конкурентоспособности является довольно сложной в условиях высокой степени изношенности основных фондов, нехватки квалифицированных специалистов и дефицита денежных средств. Поэтому целью данной работы является оценка конкурентоспособности предприятия машиностроения и выпускаемой продукции, поиск и обоснование путей её повышения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– анализ продукции предприятия и оценка ее конкурентоспособности;

– анализ и диагностика внешней среды;

– анализ внутренних возможностей предприятия с учетом внутренних и внешних факторов, влияющих на потенциал конкурентоспособности предприятия;

Процесс бизнес-планирования может быть усовершенствован за счет применения современных программных средств:

– компьютерная модель для разработки технико-экономических обоснований инвестиционных проектов COMFAR;

– автоматизированная система планирования и экспертизы инвестиционных проектов Project Expert. Важнейший результат применения программы – создание бизнес-плана, удовлетворяющего стандартам UNIDO;

– программно-методический комплекс "Альт-Инвест".

Совершенствование системы бизнес-планирования на предприятии может осуществляться в следующих направлениях:

– повышение уровня стандартизации. Стандартизация обеспечивает процедуру, которая позволяет решать проблемы бизнес-планирования на разных подразделениях предприятия;

– совершенствование организованности бизнес-планирования, то есть строгость и выполняемость режима составления планов. Недостаточная, также как и чрезмерная организованность снижает гибкость и адаптивность системы планирования к меняющимся условиям внешней среды;

– обеспечение оптимальной точности планов. Точность планирования означает уровень точности измерения характеристик объектов планирования, составных частей плана, а тем самым и содержания плана;

– совершенствование системы документооборота. Налаженная система документооборота позволяет проводить согласование плановых расчетов и контроль выполнения планов, что положительно отражается на достижении цели планирования;

– обеспечение достаточности информации. Комплексные финансовые задачи проблем декомпозируются на частные составляющие, и взаимосвязи между ними необходимо проанализировать для определения иерархии проблем.

Производственное бизнес-планирование дает также основу для принятия решения. Чтобы эффективно конкурировать в рыночной экономике, предприятие должно постоянно заниматься сбором и анализом огромного количества информации об отрасли, конкуренции и учитывать все это при разработке производственного бизнес-плана, повышая тем самым реальность достижения поставленных целей.

В итоге бизнес-планирование выступает как инструмент управления, гарантирующий планомерное и эффективное выполнение намеченной программы и достижение запланированного объема прибыли.

УДК 621.7.043:621.785

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОРИДНЫХ СЛОЕВ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ Х12М ПОСРЕДСТВОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

И. А. ПАНКРАТОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Отличительной чертой современного уровня развития машиностроительного комплекса является высокоточное производство, применение прогрессивных и ресурсосберегающих технологий. В таких условиях важной задачей является в режиме реального времени качественно и количественно определять характеристики получаемого материала, выдавать заключение о свойствах материалов.

Одним из эффективных способов повышения эксплуатационных характеристик штамповой оснастки является диффузионное модифицирование поверхностного (рабочего) слоя оснастки.

При таких условиях производства востребованной становится разработка методик определения модуля упругости модифицированных слоев, как критерия работоспособности оснастки с использованием атомно-силовой микроскопии. Так как она позволяет быстро и качественно проводить анализ характеристик модифицированных слоев.

В данной работе для оценки упругих характеристик модифицированных слоев штамповой стали Х12М был использован метод атомно-силовой микроскопии. Модуль упругости искомого слоя определяется из сопоставительного анализа фазового контраста материалов пластин и слоев при атомно-силовом сканировании поперечного микрошлифа образца.

Результаты представляются в виде гистограмм, отражающих зависимость изменения фазы колебаний зонда от опорной частоты колебаний кантилевера (рис. 1).

Из предположения видно, что упругие характеристики, определяемые в динамическом режиме работы зонда находятся в линейной зависимости от изменения фазы колебания кантилевера строится сопоставительная гистограмма (рис. 2). Линейная интерполяция между значениями, отражающими сдвиг фазы колебания при сканировании всех исследуемых слоев позволяет определить модуль упругости искомого материала.

Рис. 1. Зависимость модулей упругости слоев и подложки от опорной частоты и фазы

Практическая апробация методики, проведенная на образце, из стали X12M, с нанесенными на сопрягаемые поверхности упрочненными слоями FeB и TiN показала, что модуль упругости FeB составил порядка 400 ГПа.

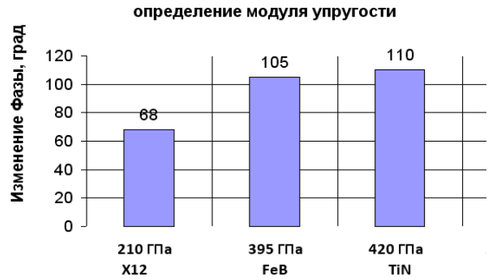


Рис. 2. Сопоставительная гистограмма

В качестве известных характеристик принимали модуль упругости TiN – 420 ГПа и модуль упругости стали X12 – 210 ГПа [1, 2]. Определенное значение FeB совпадает со справочными данными и подтверждает достоверность результатов, полученных с использованием данного способа. Полученные результаты согласовываются с методикой, основанной на статическом индентировании испытуемой поверхности кантилевером предложенной в работе [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Степанкин, И. Н.** К вопросу определения механических свойств модифицированных слоев с помощью атомно-силовой микроскопии / И. Н. Степанкин, И. А. Панкратов, В. С. Максачев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 61–62.

2. **Панкратов, И. А.** К вопросу определения упругих характеристик карбидных слоев штамповой стали X12 посредством атомно-силовой микроскопии / И. А. Панкратов, К. В. Гавриловец // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 43–45.

3. **Цуан, Я.** Наноиндентирование тонких титаносодержащих углеродных покрытий методом атомно-силовой микроскопии / Я. Цуан, С. А. Чижик // Трение и износ. – 2005. – Т. 26. – С. 385–390.

УДК 338

БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Т. Г. НЕЧАЕВА, А. А. РОМАНОВА, В. О. ШЕРСТНЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Успех деятельности компании на рынке в значительной степени зависит от того, способно ли ее руководство направить имеющиеся ресурсы на достижение цели и использовать их с максимальным эффектом. Этому в немалой степени способствуют применение такого инструмента планирования, как бизнес-план. Разработка бизнес-плана в условиях рыночной экономики – необходимый атрибут современного управления любой организации.

Для успешной организации бизнес-планирования необходимо наличие четырех обязательных условий, которые тесно связаны между собой и составляют инфраструктуру бизнес-планирования организации:

– аналитический блок процесса планирования;
– информационный блок процесса планирования;
– организационный блок процесса планирования;
– программно-технический блок системы планирования.

Любой бизнес-план должен основываться на очень хорошем анализе. Прежде всего, требуются аудит стратегии, кадров, маркетинга и т.д. При процессе бизнес-планирования целесообразно использовать следующие методы:

– SWOT-анализ сильных и слабых сторон организации, возможностей и угроз во внешней среде, базируется на анализе внутренней среды, внешней микросреды, внешней макросреды (PEST-анализ);

– STEEP-анализ предназначен для выявления социальных, технологических, экономических, экологических и политических аспектов внешней среды, которые влияют на бизнес компании;

– SNW-анализ оценивает внутреннюю среду по трем значениям: сильная, нейтральная и слабая стороны;

– модель пяти сил Портера используется для оценки силы конкуренции в отрасли, которая ведет к снижению прибыльности;

– метод «три доли» заключается в определении трех долей на рынке (фактическая доля предприятия на рынке; доля «разума» у покупателей; доля «сердца» у покупателей);

– матрица «БКГ» позволяет предприятию классифицировать каждое из своих производств по его доле на рынке и темпам роста объемов реализации.

– выявление имеющихся или возможных потребителей;

– формулирование проблемы и целей исследований;

– анализ имеющихся альтернативных решений данной проблемы и тенденций развития основных технико-экономических показателен;

– оценка имеющихся кадровых, финансовых, материально-технических ресурсов;

– оценка вероятности коммерческого и технического риска;

– выбор наилучшего варианта решения проблемы;

– составление тематического плана и его реализация.

В зависимости от направленности исследований в планах предусматривается получение инновационного продукта в виде конкретных технических решений, рекомендаций, методик и т. п., либо опытных образцов техники, технологических процессов и материалов.

Научные исследования являются основой для формирования инновационной стратегии предприятия, которая реализуется через инновационные проекты, представляющие собой пакет документов, обосновывающих комплекс разработок и взаимосвязанных мероприятий по достижению целей инновационной деятельности предприятия.

Развитие инновационной деятельности предприятия зависит от количественных и качественных показателей, таких как материально-технические, кадровые, научно-теоретические, информационные, организационно-управленческие, рыночные, экономические, финансовые.

Для успеха необходимы такие качества новой технологии, как адаптивность, гибкость, возможности синергизма, четкая стратегия НИОКР и наличие патентов и лицензий на технологию, высококвалифицированный персонал, адекватные организационно-управленческие структуры. Основным критерием оценки инноваций выступает экономическая эффективность, или в частном случае – экономический эффект.

Экономический эффект может быть выражен в: приросте прибыли, приросте объемов реализации продукции, снижении себестоимости продукции, экономии ресурсов, улучшении качества продукции, решении социальных проблем и др.

УДК 621.8-1/9

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ МАШИН И ИХ АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

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

Современный подход к проектированию деталей и узлов включает ряд типовых действий, включающих энерго-кинематический расчет привода; прочностные расчеты передач; геометрические расчеты передач; расчет размерных цепей и т. д.

Как правило, каждый из этих расчетов рассматривается как некоторый этап общего процесса проектирования объекта независимый, от предыдущих. При этом не учитываются взаимосвязи между параметрами расчетов различных этапов процесса проектирования объектов.

В связи с отсутствием гибкости в учете таких взаимосвязей между параметрами конструкции и результатами расчетов, результат проектирования может обеспечить завышение массогабаритных характеристик конструкции или, наоборот, ее низкую прочность.

Используемая в настоящее время методика может быть проиллюстрирована (рис. 1, а). Стрелки на схеме показывают реализуемую при этом последовательность действий.

а) б)

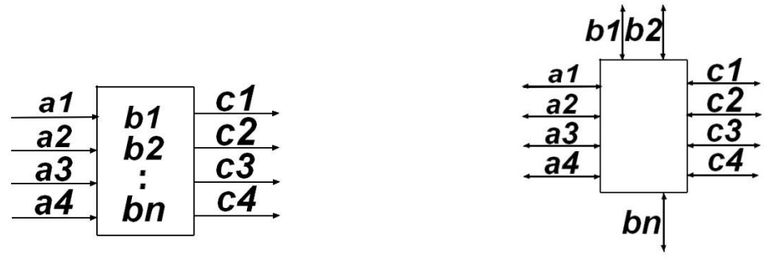


Рис. 1. Схемы к расчету деталей и узлов: а – традиционному; б – на основе функциональных семантических сетей

В качестве основы для такого расчета принимаются так называемые «входные» или «исходные» данные $a1\ldots am$. На основе заложенного в методику расчета алгоритма они, при необходимости, преобразуются в промежуточные результаты расчета – $b1\ldots bn$. В соответствии с принятым алгоритмом, получают окончательные результаты расчетов $c1\ldots ck$ – «выходные данные».

Как правило, связь между параметрами *ai* и *bj* нелинейная, а описывающие ее уравнения – трансцендентные. В том случае, если результат расчетов не устраивает специалиста, в исходные данные вносятся поправки, пропорциональные степени указанной невязки, после чего расчет повторяют. Последовательность указанных корректировок позволяет получить требуемый результат за некоторое число итераций, которое может быть значительным. При этом в большинстве случаев промежуточные результаты расчетов *bj* недоступны для изменения, так как механизм такого изменения требует решения указанных трансцендентных уравнений.

Данные обстоятельства показывают, что классические методики расчета опираются на «закрытую» схему, описываемую жестким и часто линейным сценарием.

Альтернативу такому подходу может составить методика расчета с открытой архитектурой, где для изменений результатов доступно изменение не только выходных данных, но и результатов промежуточных вычислений (рис. 1, б). В приведенной схеме отсутствует понятие «входных» и «выходных» параметров, так как каждый из них может выступать как в роли входного, так и в роли выходного. В связи с этим на приведенной схеме используются двухсторонние стрелки, иллюстрирующие возможность каждого из параметров выступать в роли как входного, так и выходного.

Описанная архитектура вычислений опирается на представлении совокупности расчетных функций в виде отношений

$$f\ \left(a_i;\ b_j;\ c_k\right) = 0\ . \qquad (1)$$

При этом изменение каждого из параметров указанных отношений должно приводить к изменению других его параметров для обеспечения справедливости выражения (1).

Реализовать такую концепцию можно на основе технологии функциональных семантических сетей, представляющих собой совокупность отношений между значениями параметров проектируемой системы.

В этом случае, при решении задач на функциональной семантической сети определяются подсистемы отношений, у которых выявляются входные и выходные параметры, что приводит к их преобразованию в соответствующие функции, образующие расчетные цепочки, позволяющие выполнять расчет любых параметров проектируемых приводов.

УДК 338

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. Г. НЕЧАЕВА, Е. В. КУНАКИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Экономический рост является результатом успешной деятельности всех отраслей национальной экономики и зависит в значительной степени от инновационной деятельности предприятий.

Инновационная деятельность – деятельность (научная, технологическая, финансовая, организационная и коммерческая), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности.

Побудительным мотивом развития инноваций на предприятии является стремление снизить издержки предпринимательской деятельности и увеличить массу прибыли в условиях рыночной конкуренции. В процессе использования устаревших технологий и техники издержки формируются на уровне выше средних, и предпринимательство может стать убыточным, если конкуренты сумели найти пути завоевания рынка сбыта на основе снижения издержек производства и низких цен предлагаемых продукции и услуг.

Внешними побудительными мотивами инновационной деятельности являются:

– необходимость адаптации предприятия к новым условиям хозяйствования, рыночным отношениям;

– изменения в налоговой, кредитно-денежной и финансовой политике;

– совершенствование потребительских предпочтений и динамика рынков сбыта, определяющих давление спроса на рынках;

– активизация конкурентов;

– конъюнктурные колебания на рынках;

– появление новых дешевых ресурсов, расширение рынка факторов производства, определяющих давление предложения на рынках.

К внутренним мотивам относятся:

– необходимость повышения конкурентоспособности предприятия;

– расширение доли рынка, переход предприятия на новые рынки;

– обеспечение экономической и финансовой безопасности;

– максимизация получения прибыли в долгосрочном периоде.

Инновационная деятельность предприятия осуществляется на основе научных и научно-технических программ и инновационных проектов.

Алгоритм процесса планирования включает следующие этапы:

Для того, чтобы студент активно включился в работу, нужно, чтобы задачи, которые ставятся перед ним в ходе учебной деятельности, были не только понятны, но и внутренне приняты им, чтобы они приобрели значимость для студента. Так как истинный источник мотивации человека находится в нем самом, необходимо, чтобы он сам захотел что-то сделать и сделал это. Студенту необходимо объяснить, что иностранный язык действительно будет полезен в его дальнейшей деятельности. Студента необходимо не только заинтересовать предметом, но и открыть для него возможности практического использования знаний.

Для студентов неязыковых специальностей необходимы следующие условия, которые оказывают положительное воздействие на мотивацию изучения иностранного языка:

– условия, влияющие на формирование внутренней мотивации: осознание значимости получаемых знаний для будущей профессиональной деятельности;

– условия, влияющие на формирование внешней мотивации: создание ситуации успеха, соревновательный характер и коммуникативная направленность занятий.

Использование различных активных методов обучения и новых технологий обучения иностранным языкам (кейс-технологии, проектного метода, игровых технологий), использование мультимедийных средств, применение интерактивных обучающих программ приводит к увеличению мотивации к изучению иностранного языка. Кроме того, преподаватель должен уметь грамотно организовать самостоятельную работу и внеаудиторную деятельность студентов. Большое значение имеет применение соревновательных заданий различного рода. В рамках «Недели языков» проводятся конкурсы, в которых принимают участие студенты с разным уровнем владения языком. Участие, а тем более победа в том или ином конкурсе даже с минимальной языковой составляющей, дает студенту ощущение успеха, что способствует повышению мотивации. Эффективность обучения в значительной степени зависит и от качества учебных материалов, использования профессионально-ориентированных учебно-методических комплексов, аутентичных источников.

Мотивация изучения иностранного языка связана с целями профессионального становления будущих специалистов. Важная роль в повышении мотивации принадлежит преподавателю, который должен уважительно относиться к студентам, создать благоприятную психологическую атмосферу на занятии. Преподаватель должен учитывать индивидуальные способности и интересы студентов и быть для них наставником, к которому можно обратиться за помощью во время учебного процесса.

УДК 621.01

УПРАВЛЕНИЕ СБОРКОЙ ГИПОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ

В. М. ПАШКЕВИЧ, М. Н. МИРОНОВА, С. Л. СЛЕПЦОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Управление точностью сборки механических передач является актуальной задачей современного машиностроения, решение которой является основой для обеспечения их долговечности и надежности. В особой мере это относится к гипоидным передачам, нарушение точности сборки которых приводит к изменению геометрии зацепления, сопровождаемому кромочными ударами, повышенному износу зубьев, возникновению трещин и сколов.

В работе рассмотрены причины возникновения описанных явлений, а также их влияние на кинематическою погрешность передачи в сборе. На основе теоретических и экспериментальных исследований процесса сборки гипоидных передач установлена взаимосвязь кромочных ударов с наличием в сигнале кинематических погрешностей особенностей, носящих нестационарный колебательный характер (рис. 1).

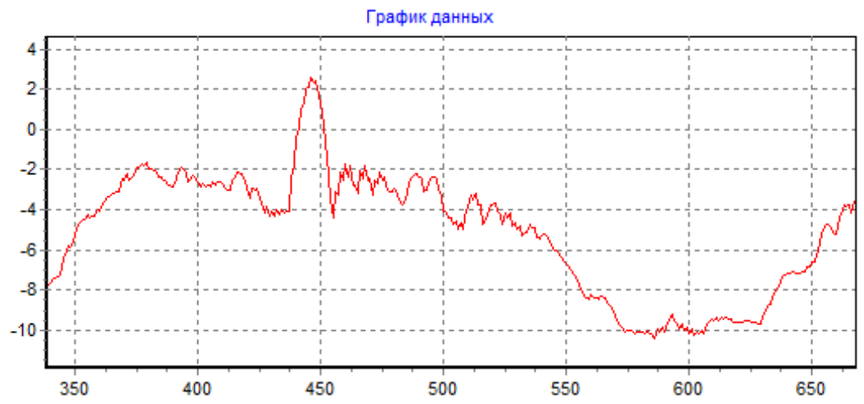


Рис. 1. Проявление кромочного удара в сигнале кинематической погрешности гипоидной передачи

Приводится описание алгоритма автоматического выявления ударов, использующего оконную процедуру, базирующуюся на оценке центральных моментов распределения отсчетов окна. Описана процедура управления процессом сборки гипоидных передач, использующая указанный алгоритм.

УДК 621.821: 621.316

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА

В. Г. ПИНЧУК, *С. В. КОРОТКЕВИЧ, *С. О. БОБОВИЧ, Е. А. КОВАЛЕВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Ф. Скорины»
*РУП «ГОМЕЛЬЭНЕРГО»
Гомель, Беларусь

Повышение эксплуатационной надёжности, износостойкости и долговечности опор скольжения является одной из главных проблем машиностроения. Изучение кинетики формирования и разрушения граничных смазочных слоёв (ГСС), образующихся на поверхности сопряжённых металлов в процессе эксплуатации опоры скольжения является актуальной задачей.

Метод электрофизического зондирования (МЭЗ) позволяет оценивать толщину ГСС до 2 нм за счёт туннельной проводимости между зондом и подложкой с нанесённым на неё смазочным слоем.

На основании анализа экспериментальных данных разработан критерий оценки состояния ГСС и поверхности металлов или покрытий, который позволяет оценивать режимы эксплуатации опор качения и скольжения. Отношение регистрируемого контактного сопротивления (R_c) к сопротивлению исходной поверхности ($R_{ок}$) или к сопротивлению стягивания (R_s) характеризует состояние ГСС и поверхности металла. Значение контактного сопротивления (R_c) определяется площадью фактического контакта и толщиной ГСС. Анализ зависимости расчёта туннельного сопротивления (R_t) от толщины ГСС и площади фактического контакта показывает, что при увеличении нагрузки на два порядка площадь фактического контакта изменяется на порядок, а вклад от толщины ГСС в расчётное значение R_t увеличивается на десять порядков, т. е. на 10^{10}. Основной вклад в расчётное значение туннельного сопротивления вносит толщина ГСС, а не площадь фактического контакта. Ввиду того, что разработанный метод в техническом исполнении просто реализуется и имеет актуальное практическое значение для безаварийной эксплуатации опор качения и скольжения (например, опор скольжения в двигателях внутреннего сгорания) необходимо установить взаимосвязь толщины и качества связи молекул ГСС с металлом с микроструктурными изменениями и изнашиванием поверхностного слоя.

Испытание на трение проводили по схеме палец (Ni)-диск (Mo) с использованием машины трения АЕ-5 при нагрузке 170 кПа и линейной скорости ≈ 0,4 м/с. В качестве пластичного смазочного материала использо-

УДК 811.1

РОЛЬ МОТИВАЦИИ В ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

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

Важнейшей составляющей успеха в процессе изучения иностранных языков является развитие и поддержание на должном уровне мотивации студентов. Мотивация – направленное воздействие на внутренние чувства человека, приводящее к формированию намерения достигнуть определенной цели. Мотивация студентов представляет собой процессы, методы и средства их побуждения к познавательной деятельности, активному освоению содержания образования. Проблема мотивации в обучении иностранным языкам в неязыковом вузе проявляется в силу особой специфики предмета, требующего от студента наличия определенной базы и коммуникативных способностей. Существуют две группы причин снижения мотивации. Первая группа – причины, зависящие от преподавателя, вторая группа – причины, зависящие от студентов. Причинами недостаточной мотивации, зависящими от преподавателя, являются стандартный подход к проведению занятий, низкий уровень владения современными методами обучения, неправильный подбор учебного материала, неумение строить отношения со студентами, особенности личности преподавателя. Причины снижения мотивации, зависящие от студентов – это низкий уровень знаний, незнание приемов самостоятельного приобретения знаний, особенности отношений в группе студентов. Низкая мотивация может объясняться отсутствием языковой среды, а также тем, что изучение иностранного языка – это длительный процесс, требующий много времени и усилий. Поэтому студенты уделяют мало внимания и времени изучению иностранного языка, перераспределяя свое время в пользу профильных предметов.

Учебную мотивацию можно разделить на внешнюю и внутреннюю. Внешняя мотивация не связана непосредственно с содержанием предмета, она обусловлена внешними обстоятельствами. Внешние мотивы исходят от родителей, преподавателей, группы, в которой обучается студент, окружения и общества; учеба – это вынужденное поведение и часто встречает внутреннее сопротивление со стороны студентов.

К внутренним мотивам относятся такие, как собственное развитие и самоусовершенствование в процессе учения. Человеку нравится изучать иностранный язык, нравится проявлять свою интеллектуальную активность.

Рассмотрим некоторые способы повышения мотивации у студентов.

Узнать о доступных для приобретения выпусках можно на сайтах банков. Информация есть и на Интернет-ресурсах Министерства финансов, Белорусской валютно-фондовой биржи и Республиканского центрального депозитария ценных бумаг. Облигации выпускаются в национальной и иностранной валюте на разный срок (от менее 1 года до более 5 лет) под ставку, как правило, выше депозитной. Номинал ценных бумаг также варьируется, что делает этот инструмент доступным для широкого круга инвесторов. Процентный доход выплачивается несколько раз в год. Владелец облигаций имеет возможность практически в любой момент получить свои деньги обратно, продав их другому лицу либо самому эмитенту, если досрочный выкуп эмитентом предусмотрен условиями выпуска.

Немаловажным преимуществом облигаций перед другими вариантами вложения средств является то, что доход по ним не облагается налогом. Так согласно ст. 138 Налогового кодекса Республики Беларусь к ценным бумагам, доходы от операций с которыми не учитываются при определении валовой прибыли, относятся:

– государственные ценные бумаги, эмитируемые Министерством финансов Республики Беларусь от имени Республики Беларусь (за исключением определенных категорий);

– облигации, эмитируемые Национальным банком Республики Беларусь;

– облигации, эмитируемые банками;

– облигации, эмитируемые с 01.04.08 по 01.01.15 гг. юридическими лицами – налоговыми резидентами Республики Беларусь;

– облигации местных исполнительных и распорядительных органов;

– облигации открытого акционерного общества «Банк развития Республики Беларусь» и др. [1].

Для бизнеса это веское преимущество по сравнению с депозитами, доходы по которым для юридических лиц облагаются по ставке налога на прибыль в размере 18 %. Таким образом, юридическое лицо, инвестируя деньги в облигации, за счет льготы по налогообложению получает более высокий доход по сравнению с депозитом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть): Закон Респ. Беларусь, 29 дек. 2009 г., № 71-З: с изм. и доп.: текст по состоянию на 30 дек. 2015 г. // Эксперт [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

2. Банковский кодекс Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 25 окт. 2000 г., № 441-З: с изм. и доп.: текст по состоянию на 4 июня 2015 г. // Эксперт [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

3. О рынке ценных бумаг: Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2015 г., № 231-З // Эксперт [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

вался ЦИАТИМ-201. Измерение падения напряжения и, соответствующий ему, расчёт значений контактного сопротивления R_c осуществляли с использованием четырёхпроводной электрической схемы. Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) определялась величина изнашивания.

На рис. 1. приведена зависимость изменения контактного сопротивления (R_c), кривая 1, интенсивности изнашивания (I), кривая 2 и плотности дислокаций ρ, кривая 3 от времени трения t.

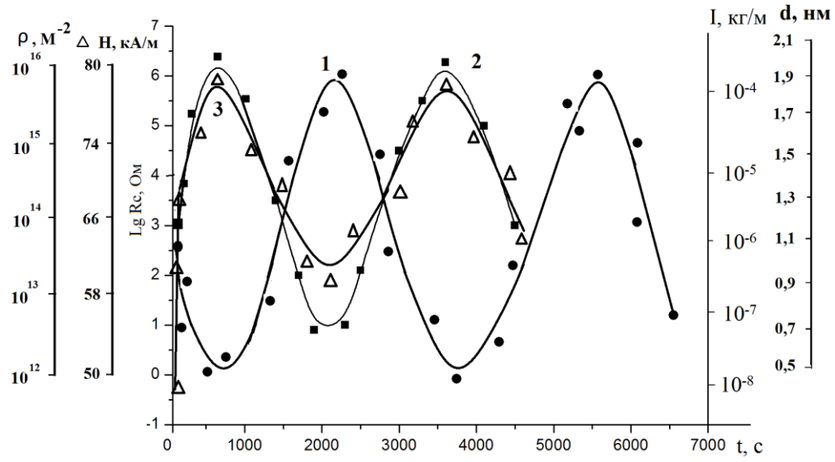


Рис. 1. Зависимость контактного сопротивления R_c (кривая 1) интенсивности изнашивания I (кривая 2) и плотности дислокаций ρ (кривая 3) от времени трения t, с

Методом ЭПР и электрофизического зондирования экспериментально установлено, что интенсивность изнашивания увеличивается на три-четыре порядка при разрушении ГСС толщиной ≈ 2 нм. Интенсивность изнашивания определяется качеством связи молекул смазочного материала с поверхностью, а именно, доминирует не площадь фактического контакта и даже не толщина ГСС, хотя они тоже вносят свой существенный вклад, фазовый переход от физической адсорбции к хемосорбции обуславливает несущую способность и триботехнические свойства сформировавшегося слоя. Установлено влияние аккумулирования упругой энергии в подповерхностном слое металла, которое связанно с дислокационным механизмом упрочнения, на установление качества связи ГСС с поверхностью металла и его несущую способность, и триботехнические свойства. Полученные новые экспериментальные данные полностью подтверждают локальный во времени селективный чешуйчато-лепестковый послойный характер разрушения, где последующий и нижележащий слой подвергается упрочнению, наклёпу.

УДК 621.9.012.3

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

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

В процессе фрезерования сложных контуров концевая фреза перемещается по траектории, состоящей из отдельных геометрических элементов, таких как прямые и дуги окружностей. При перемещении инструмента, несмотря на равномерный реальный припуск, наблюдается колебание фактического припуска снимаемого в процессе обработки который зависит от кривизны геометрического элемента.

В настоящих исследованиях ставилась задача оценить степень колебания фактического мгновенного припуска снимаемого инструментом при обработке по произвольной траектории.

С целью оценки величины колебания припуска при фрезерной обработке была разработана программа для ПЭВМ в среде MS Excel с использованием языка программирования VBA. Программа выполняет расчет режимов резания, а так же фактического значения припуска для произвольных геометрических элементов.

Исследования проводились для следующих условий: материал заготовки сталь 40Х; режущий инструмент – фреза концевая диаметром от 2 до 28 мм, длина режущей части – 7…38 мм, число зубьев – 3…6, материал режущей части Р6М5.

В результате установлено, что при обработке по произвольной траектории возможно увеличение фактического снимаемого припуска (по сравнению с расчетным значением) при движении инструмента по вогнутым участкам до 100 %, и уменьшение до 33 % при движении по выпуклым. Все это приводит к росту (или снижению) фактических сил, мощности резания, крутящего момента до 67 %.

Столь существенное колебание припуска и реальных режимов резания требует корректировки. Упреждающее изменение величины припуска оставляемого на последующую обработку в данном случае нецелесообразно – необходима корректировка режимов резания. Однако на ряде станков практически невозможно мгновенно изменять частоту вращения шпинделя – в связи с этим возникает задача корректировки условий обработки только посредством изменения подачи.

Показано, что посредством корректировки подачи инструмента можно обеспечить требуемые условия обработки, однако, в данном случае следует ожидать падения производительности обработки до 30 %.

УДК 338.3

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ВЛОЖЕНИЯ СРЕДСТВ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

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

Наличие свободных денежных средств у предприятий подразумевает их вложение в различные проекты и инструменты с целью получения дополнительного дохода. В настоящее время широкое распространение получили вклады (депозиты). Доход по банковскому вкладу (депозиту) выплачивается в виде процентов на условиях и в порядке, определенных договором.

Тем не менее, следует отметить некоторые моменты, связанные с данным источником вложения средств. Во-первых, это законодательно утвержденное для банков право снижать в одностороннем порядке размер процентной ставки по депозиту. По депозитам в белорусских рублях ставка может быть снижена при снижении ставки рефинансирования Национального банка Республики Беларусь, по депозитам в иностранной валюте – по решению банка (но не раньше чем через месяц после уведомления). Во-вторых, согласно ст. 128 Налогового кодекса Республики Беларусь проценты по депозиту входят в состав внереализационных доходов и облагаются налогом на прибыль по ставке 18 %. А это существенно снижает реальную доходность размещения средств [1].

Альтернативными вариантами вложения временно свободных средств предприятий являются покупка депозитных сертификатов и облигаций.

Согласно ст. 196 Банковского кодекса Республики Беларусь депозитный сертификат – ценная бумага, удостоверяющая сумму вклада (депозита), внесенного вкладополучателю, и права вкладчика на получение по истечении установленного срока суммы вклада (депозита) и процентов по нему [2].

Депозитный сертификат имеет ряд преимуществ по сравнению с депозитом, особенно безотзывным. Во-первых, он может быть перепродан другому лицу, заложен в качестве обеспечения при проведении операций кредитного характера. Во-вторых, для клиента нет необходимости открывать счет и представлять документы для его открытия, а также заключать отдельный договор.

Хорошей альтернативой вкладам способны стать облигации коммерческих банков. Облигация – эмиссионная ценная бумага, удостоверяющая право ее владельца на получение от эмитента облигации в предусмотренный в ней срок ее номинальной стоимости или иного имущественного эквивалента [3]. Доходом по облигации являются процент и (или) дисконт.

Рассматриваемые образцы отличаются только по трем характеристикам – по объемной плотности, по морозостойкости и по цене. Поэтому оценка конкурентоспособности будет проводиться именно по этим трем параметрам.

При определении конкурентоспособности продукции использовался метод многокритериальной оптимизации, суть которого в использовании функции принадлежности. Данная функция определена в интервале от 0 до 1 и используется в качестве безразмерной шкалы для оценки уровня параметров сравниваемой продукции. Каждому фактическому значению функции придается конкретный экономический смысл, связанный с уровнем конкурентоспособности исследуемой продукции.

Были определены параметры функции принадлежности и с помощью встроенных в Excel опций (Сервис/Поиск решения) подобраны значения коэффициентов аппроксимирующих функций для каждого показателя. Значение функции принадлежности представлены в табл. 2, расчет показателей конкурентоспособности в табл. 3. Более конкурентоспособным является образец, имеющий наибольший результат.

Табл. 2. Значение функции принадлежности

Производитель	Значения показателя			Значение функции		
	объемная плотность, кг/м^3	морозостойкость, цикл	цена за 1м^2, млн р.	объемная плотность	морозостойкость	цена за 1м^2
Могилевский КСИ	550	35	1,86	0,7342098	0,651316	0,643859
Сморгонь силикатбетон	500	35	2,21	0,6464466	0,651316	0,295208
Гродненский КСИ	500	35	2,18	0,6464466	0,651316	0,295208
Оршанский КСИ	500	25	1,93	0,6464466	0,414704	0,572271

Табл. 3. Расчет показателей конкурентоспособности

Производитель	Значение агрегирующей функции		Показатель конкурентоспособности
	Для экономических параметров	Для технических параметров	
Могилевский КСИ	0,691522103	0,643859446	0,445243038
Сморгоньсиликатбетон	0,64887689	0,295208775	0,191554152
Гродненский КСИ	0,64887689	0,329531071	0,213825097
Оршанский КСИ	0,517768782	0,57227157	0,296304354

Из расчетов, представленных в табл. 3 можно сделать вывод, о том, что блоки, производимые на предприятие ЗАО «Могилевский «КСИ» наиболее конкурентоспособны среди аналогов, представленных на рынке.

УДК 620.179.14

ВИХРЕТОКОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СООСНОСТИ ТРУБ ГИБКИХ ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

А. В. ЧЕРНЫШЕВ, И. Е. ЗАГОРСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В настоящее время широко применяются гибкие трубопроводы. Такой трубопровод состоит из стальной напорной трубы, расположенной внутри полиэтиленовой оболочки, пространство между ними заполнено вспененным пенополиуретановым теплоизолятором. Одним из основных показателей качества таких трубопроводов является соосность трубы и оболочки. Ранее в ИПФ НАН Беларуси было разработано вихретоковое устройство типа «УККТ-1», предназначенное для контроля положения напорной трубы относительно оболочки [1, 2]. Контроль расстояния от накладного вихретокового преобразователя до стальной трубы проводится по измерениям амплитуды напряжения измерительной катушки этого преобразователя. Требуемая чувствительность к определению относительно большого расстояния между трубой и преобразователем (до 50 мм) достигается включением катушки возбуждения преобразователя в состав последовательного резонансного контура [2].

Устройство УККТ-1 внедрено на заводе полимерных труб (г. Могилев). Контроль соосности стальной трубы и оболочки проводится в процессе изготовления трубопровода, пока теплоизолятор находится в незастывшем состоянии. На экран монитора устройства выводится изображение сечения трубопровода в виде, показанном на рис. 1.

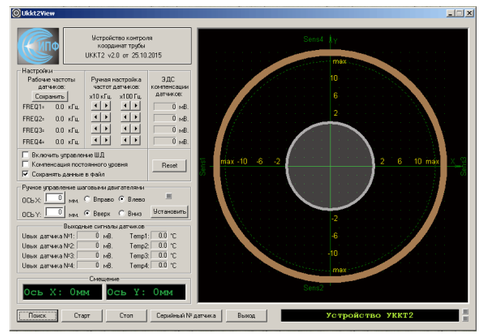


Рис. 1. Изображение сечения трубопровода на экране монитора

При несовпадении осей трубы и оболочки исполнительным механизмом устройства УККТ-1 оболочка смещается в направлении, обеспечивающем совпадение осей. Устройство УККТ-1 удалось использовать и при

изготовлении трубопроводов, у которых напорная труба пластиковая. Для решения этой задачи на напорную трубу наносится алюминиевая фольга толщиной 100 мкм, в которой наводится вихревой ток. Была проведена проверка, сохраняется ли работоспособность установки УККТ-1 в этом случае. Такая проверка обусловлена тем, что существенно различаются электропроводности стальной трубы и алюминиевой фольги, а толщина фольги в несколько раз меньше толщины стенки стальной трубы. Были проведены исследования зависимости показаний U измерительного канала установки от расстояния d между вихретоковым преобразователем и трубой: в первом случае стальной, во втором – пластиковой с фольгой. Трубы имели одинаковый наружной диаметр. Частота поля возбуждения преобразователя 160 кГц. Результаты измерений приведены на рис. 2.

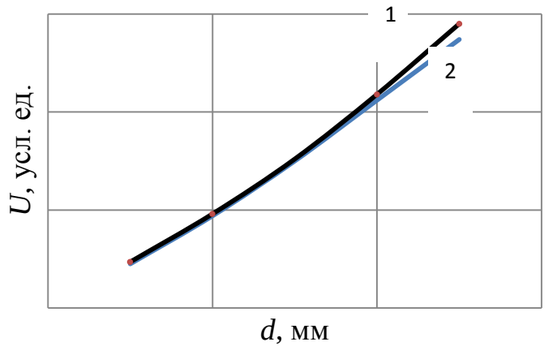


Рис. 2. Зависимость показаний от расстояния d до трубы: 1 – стальная труба; 2 – пластиковая труба с фольгой

Видно, что чувствительность установки УККТ-1 к изменениям d в обоих случаях практически одинакова. Была также определена величина необходимого «нахлеста» одного края фольги на другой, при котором наличие стыка краев фольги не сказывается на величине U. Такой нахлест должен быть не менее 10 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Загорский, И. Е.** Вихретоковый контроль геометрических параметров труб «КАСАФЛЕКС» / И. Е. Загорский // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 26–27 сент. 2012 г. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – С. 196–197.

2. **Чернышев, А. В.** Устройство для контроля соосности гибких гофрированных трубопроводов в полиэтиленовой оболочке / А. В. Чернышев, И. Е. Загорский // Приборостроение-2015 : материалы 8-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25–27 нояб. 2015 г. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 28–30.

УДК 339.138

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Т. М. ЛОБАНОВА, А. Э. СОЛОВЕЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Заинтересованность предприятий в результатах своей деятельности усиливает необходимость повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, что требует совершенствования работы всех служб и подразделений хозяйствующего субъекта. Объектом исследования выступал ЗАО «Могилевский КСИ» – один из наиболее крупных поставщиков стройматериалов в Республике Беларусь.

В структуре выпускаемой продукции основными товарными группами являются блоки строительные из бетона или искусственного камня, а так же кирпичи строительные из бетона или искусственного камня. Поэтому в дальнейшем был проведен анализ конкурентоспособности основного вида продукции предприятия – силикатных блоков, составляющих основную часть экспорта предприятия и обладающих высоким качеством.

Для оценки конкурентоспособности силикатных блоков было выделено две группы показателей. Первая группа – это технологические характеристики товара (класс по прочности, огнестойкость, объемная плотность, теплопроводность, морозостойкость). Вторая группа показателей – это экономическая характеристика товара (цену одного кубического метра).

В табл. 1 представлены показатели, характеризующие блоки различных производителей.

Табл. 1. Значение показателей для различных производителей блоков

Показатель	Могилевский КСИ	Сморгонь-силикатбетон	Гроднен-ский КСИ	Оршанский КСИ
Технологические параметры				
класс прочности	В 1,5–5	В 2,5	В 1,5–2,5	В 1,5–2,5
огнестойкость	класс А1			
объемная плотность, кг/м^3	550	500	500	500
отпускная влажность, %	25	25	25	25
морозостойкость, цикл	≥35	35	35	35
теплопроводность, Вт/м К	0,12	0,12	0,12	0,12
удельная эффективная активность по ГОСТ 30108-94,I класс менее 370 Бк/кг	56	<370	<370	<370
Экономические параметры				
цена за 1 м^2, млн р.	1,86	2,21	2,17	1,93

страны". И наконец, на четвертом этапе суть стратегии фирмы – проникновение на множество рынков одновременно, т. е. осуществление по сути дела стратегии мировой диверсификации. Такая стратегия позволяет фирме в конечно счете менять программу своих действий в зависимости от обстановки, варьировать своими капиталами, облегчает процесс ее адаптации на мировом рынке.

Разрабатывая стратегию завоевания рынка, фирма должна решить вопрос о выборе товара, с которым она будет осуществлять внедрение на рынок. Если ранее, на этапах возникновения международного маркетинга, фирмы обычно выходили на новые рынки с известным, хорошо зарекомендовавшем себя на национальном рынке товаром, то активное внедрение достижений науки и техники, инновации во всех сферах, привели к быстрому устареванию продукции и необходимости постоянного ее совершенствования и изменения, поэтому наиболее часто компании предлагают на зарубежных рынках новые товары.

Важнейшей составной частью маркетинговой стратегии фирмы на внешнем рынке является политика в области ценообразования, которая, в свою очередь, зависит прежде всего от задач фирмы (получение быстрого дохода, временное внедрение на рынок, завоевание рынка, реализация отдельных партий товара), состояния спроса и конкуренции. Необходимо анализировать реакцию потенциальных покупателей, которая неотделима от системы ценностей, преобладающих в стране.

Особенности стратегии международного маркетинга связаны с особенностями рекламной работы. В настоящее время наблюдаются две тенденции: с одной стороны, происходит интернационализация рекламы, например, на универсальные товары или рекламы, которые осуществляются через международные средства массовой информации. С другой стороны, сохраняются национальные особенности для каждой страны, определенные уровнем ее развития, национальным колоритом, традициями и т. д. Это приводит к необходимости адаптации рекламы к зарубежному потребителю, поиску рекламных форм или средств.

Подводя итоги всего сказанного, можно сделать вывод о том, что при выходе на зарубежные рынки, предприятие сталкивается с совершенно особыми условиями, каждое из которых способно кардинально изменить стратегию маркетинговой деятельности. Поэтому фирма должна досконально изучить страну и ее рынок, разработать программу преодоления маркетинговых опасностей и реализации маркетинговых возможностей, определить техническую, экономическую, социальную политику своей фирмы, тем самым, с одной стороны, предотвратить провал, а с другой – обеспечить успех своей продукции и своей фирмы.

УДК 621.97.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ОТ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

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

Зависимость $T_o = f(V)$ периода стойкости T_o твёрдосплавного инструмента от скорости резания V представляет собой плавную кривую с двумя точками перегиба с координатами $B_1(V_{n1}, T_n)$ и $B(V_n, T_n)$, симметрично расположенными по разные стороны от значения скорости резания V_0, соответствующей максимальной стойкости T_0^{max} инструмента. Отметим, что V_{n1}, V_n – скорости резания соответствующие точкам перегиба B_1 и B кривой $T_o = f(V)$; T_n – значение стойкости инструмента при скорости резания V_{n1} и V_n. Разными авторами было предложено несколько формул, аппроксимирующих экспериментальные значения кривой $T_o = f(V)$. К ним относятся следующие: Тейлор (1905), Н. А. Сафонов (1933), А. А. Аваков (1937), Г. П. Темчин (1957), А. Д. Макаров (1964), Метчизен (1965), Г. Н. Грановский (1985) и др.

Однако, установление зависимости $T_o = f(V)$ в результате стойкости испытаний трудоёмко, материалоёмко и требует проведение целого ряда экспериментов по изготовлению и стойкости, что в производственных условиях затруднительно. Получение более простых зависимостей $T_o = f(V)$, отражающих накопленный в прошлом опыт, является исключительно актуальной научной и практической задачей в металлообработке.

Известна формула Тейлора

$$T_0 = \frac{C}{V^m} \ ; \tag{1}$$

$$C = \frac{C_v \cdot K_v}{t^x \cdot S^y}, \tag{2}$$

где t – глубина резания; S – подача, мм/об; C_v, K_v – коэффициенты (даны в справочной литературе); m – показатель относительной стойкости при резании, $m = 0{,}2$ для стали.

Зависимость (1) описывает ту часть кривой $T_o = f(V)$, которая расположена правее второй точки перегиба ($V \geq V_n$). Для кривой, расположенной левее от второй точки перегиба ($V < V_n$), ею пользоваться нельзя, поскольку получаем завышенные значения периода стойкости.

Нами разработана методика и получены новые аналитические зависимости по определению периода стойкости инструмента (резца) от скорости резания начиная от скорости $V \geq V_{n1} = 0{,}6V_n$, соответствующей первой (левой) точки B_1, перегиба кривой $T_o = f(V)$, включая скорость $V_0 = 0{,}8V_n$,

соответствующей максимальной стойкости T_0^{max}, и скорости резания $V \geq V_n$, соответствующей второй (кривой) точки B перегиба.

$$T_0 = \frac{T_n\sqrt{e}}{e^{\frac{1}{2}\left(5\frac{V}{V_n}-4\right)^2}}, \qquad V_{n1} \leq V \leq V_n; \tag{3}$$

$$T_0 = T_n\left(\frac{V_n}{V}\right)^5, \qquad V \geq V_n; \tag{4}$$

$$V_n = C^{1,25}\left(\frac{U_0}{1000\delta_0 \cdot K_p}\right)^{0,25}; \tag{5}$$

$$T_n = \frac{1000\delta_0 \cdot K_p}{V_n \cdot U_0}, \tag{6}$$

где $K_p = tg\alpha_з$ (задний угол заточки резца); δ_0 – оптимальная величина износа поверхности резца, мкм; U_0 – относительный удельный размерный износ резания резца, мкм/км.

Анализ полученных зависимостей показывает, что увеличение скорости резания от V_{n1} до V_0 приводит к увеличению стойкости инструмента и производительности. Увеличение режимов обработки: подачи S и глубины резания t приводит к уменьшению значения скорости V_0 и к увеличению периода стойкости T_o.

Расчётные данные отличаются от экспериментальных не более, чем на 5 %.

Таким образом, представленные зависимости позволяют определить период стойкости лезвийного инструмента в зависимости от скорости резания в широком диапазоне её изменения.

УДК 339.138

МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ ФИРМЫ НА ВНЕШНЕМ РЫНКЕ

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

Для предприятий основным мотивом осуществления международного маркетинга является выход на мировой рынок. Доступ на внешние рынки позволяет увеличить прибыль, расширить возможности реализации продукции, уменьшить потери от конкуренции, а, следовательно, увеличить объем производства, осуществить техническое перевооружение и реконструкцию.

Международный маркетинг начинается с выбора рынка (страны или географической зоны), выбора способа внедрения и подбора вероятных партнеров. Для этого следует тщательно изучить страну, ее экономическое положение, состояние конкуренции, особенно в той области, которая является сферой интересов фирмы. Необходимо знать также экономические программы развития, чтобы определить свои перспективы на рынке этой страны. Требует проработки и вопрос об установленных требованиях к качеству продукции, ее безопасности и т.д.

Компания должна учитывать политический момент. Правительство любой страны проводит политику защиты собственных предпринимателей, поэтому режим благоприятствования, способствующий проникновению на рынок, вводится ненадолго и для той продукции, которая необходима в данное время. Помимо этого здесь существует повышенный риск потери вложенных капиталов в случае политических изменений.

Разрабатывая стратегию, фирма должна учесть, что она может столкнуться с ограниченной или даже полностью отсутствующей базовой информацией о рынке, конкурентах, национальном производстве. Такая ситуация не редкость в развивающихся странах. Отсутствие достоверной статистической информации затрудняет и самостоятельное изучение рынка.

Стратегия выхода на международный рынок предполагает обычно несколько этапов. Сначала фирма занималась исключительно завоеванием собственного рынка, реализуя производимые товары или услуги по всей территории страны базирования. На втором этапе фирма раздвигает географические границы реализации своей продукции: продолжая реализовать ее основную часть на национальном рынке, в то же время фирма начинает экспорт своих товаров. На третьем этапе осуществляется массированное проникновение на отдельный рынок (или в отдельную, наиболее перспективную в тот момент страну), используя стратегию “лидирующей

продуктивно, как у ребенка или подростка. В связи с этим первостепенную важность приобретают методология, методы, способы обучения, например, использование мнемонических приемов запоминания.

Современная наука выделяет следующие основные принципы андрагогики.

1. Принцип приоритетности самостоятельного обучения. Этот принцип обеспечивает для взрослого человека возможность неспешного ознакомления с учебными материалами, запоминания терминов, понятий, классификаций, осмысления процессов и технологий их выполнения.

2. Принцип использования имеющегося положительного жизненного опыта (прежде всего социального и профессионального), практических знаний, умений, навыков слушателя в качестве базы обучения и источника формализации новых знаний.

3. Принцип элективности обучения. Он означает предоставление слушателям максимально возможной самостоятельности выбора образовательных маршрутов.

4. Принцип рефлексивности. Этот принцип основан на сознательном отношении к обучению, что, в свою очередь, является главной частью самомотивации обучающегося.

5. Принцип востребованности и актуализации результатов обучения (их скорейшее использование на практике).

6. Принцип системности обучения. Он заключается в соответствии целей и содержания обучения его формам, методам, средствам обучения и оценке результатов. Системность можно понимать и как систематичность, т. е. непрерывность или регулярность обучения.

7. Принцип развития обучающегося. Обучение должно быть направлено на совершенствование личности, создание способностей к самообучению.

В текущем столетии образованию взрослых социологи отводят исключительно важную роль. Дело обучения, res studiorum, всегда бывшее многотрудным занятием, ныне становится еще более сложным, напряженным и тяжелым. Задачей номер один, по выражению одного из крупнейших теоретиков и практиков образования взрослых, американского ученого М. Ш. Ноулза, стало "производство компетентных людей – таких людей, которые были бы способны применять свои знания в изменяющихся условиях, и чья основная компетенция заключалась бы в умении включиться в постоянное самообучение на протяжении всей своей жизни" [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Змеёв, С. И.** Андрагогика: основы теории и технологии обучения взрослых / С. И. Змеёв. – М. : ПЕР СЭ, 2003.

УДК 621.9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОСИ ВАЛА ПРИ ТОЧЕНИИ

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

Сдерживающим фактором внедрения на предприятиях машиностроения чистового точения лезвийным инструментом является образование погрешностей, связанных с упругими деформациями элементов технологической системы (ТС).

Действие радиальной составляющей силы резания вызывает значительные упругие деформации элементов ТС, в процессе точения, что увеличивает погрешность обработки. Упругая деформация приспособления, инструмента и суппорта незначительна и ею можно пренебречь или учесть при настройке, то упругую деформацию и ее опор необходимо учитывать при расчете операции на точность.

Диаметральная погрешность определяется как наибольшая разность между наибольшим и наименьшим перемещением оси вала в процессе обработки. Индивидуальная настройка резца на размер происходит в начале обработки, где имеет место максимальная упругая деформация наиболее податливой бабки станка. Минимальное перемещение оси вала имеет место в лимитирующем сечении, расположенном вдоль его оси между его серединой и передним (левым) торцом. Деформацию детали приняли как уравнение синусоиды с одной полуволной. В результате получили следующие зависимости:

$$l_p \le 14{,}51 d \sqrt[3]{d\omega_{\text{пб}}}; \quad (1)$$

$$d_p \ge 0{,}134 \sqrt[4]{l^3/\omega_{\text{пб}}}, \quad (2)$$

где $\omega_{\text{пб}}$ – податливость передней бабки станка; d,l – диаметр и длина обрабатываемой поверхности, позволяющие определить расчетные значения длины l_p или диаметра d_p вала, при которых обеспечивается минимальная погрешность обработки.

Получены математические зависимости, позволяющие определить расположение лимитирующего сечения $\left(\frac{x}{l}\right)_э$ от правой опоры заготовки. Увеличение жёсткости, например, задней бабки станка определяет величину расположения экстремума от левого торца вала, приближая его к середине заготовки (табл. 1).

Табл. 1. Изменения расположения экстремума на кривых упругих перемещений оси вала в зависимости от соотношения $\omega_{пб}/\omega_{зб}$

Отношение податливости передней бабки станка к задней $\frac{\omega_{пб}}{\omega_{зб}}$	Податливость задней бабки $\omega_{зб}$, мкм/Н	Расположение экстремума от задней бабки без учёта жёсткости вала $\left(\frac{x}{l}\right)_о$	Расположение экстремума от задней бабки с учётом жёсткости вала $\left(\frac{x}{l}\right)_э$
0,2	0,3	0,833	0,92
0,4	0,15	0,71	0,854
0,5	0,12	0,67	0,82
0,6	0,1	0,625	0,782
0,8	0,075	0,56	0,659

Таким образом, полученные зависимости позволяют произвести расчёт по определению расположения лимитирующего сечения вала и принять меры по уменьшению погрешности обработки.

УДК 37.016

ПРИОРИТЕТЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ

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

Возрастающая значимость образования взрослых – общепризнанный факт. В мире нет страны, которая не была бы в той или иной мере обязана ему своим технологическим, социально-экономическим, культурным прогрессом. Равно как и нет страны, которая бы не связывала свое будущее с дальнейшим развитием образования взрослых.

Приоритетная задача образования взрослых – обеспечить человека комплексом знаний, умений и навыков, необходимых для активной творческой и приносящей удовлетворение жизни в современном динамично развивающемся обществе. К настоящему времени сложилась определенная общность взглядов на роль образования взрослых в достижении согласованного прогресса личности и общества, и на подходы к осмыслению путей его обновления. Общество устроено так, что для продвижения по профессиональной лестнице, для активного участия в жизни страны и социума категорически недостаточно просто получить профессиональное образование. Чтобы «идти в ногу со временем», нужно непрерывное совершенствование профессиональных и надпрофессиональных навыков. На это и направлена современная педагогическая наука андрагогика – отрасль педагогической науки, раскрывающая теоретические и практические проблемы образования взрослого человека в течение всей его жизни. Андрагогика осуществляет древнейшую формулу обучения: non scholae, sed vitae discimus – учимся не для школы, а для жизни.

Основное положение андрагогики, в отличие от традиционной педагогики, заключается в том, что ведущую роль в процессе обучения играет не обучающий, а обучаемый. Функцией обучающего, в этом случае, является оказание помощи слушателю в систематизации, формализации личного опыта последнего, корректировке и пополнении его знаний. В этом случае происходит смена приоритетности методов обучения. Андрагогика, вместо лекционных, преимущественно предусматривает семинарские и практические занятия, зачастую экспериментального характера, дискуссии, деловые игры, решение конкретных производственных задач и проблем. Кроме того, меняется подход к получению теоретических знаний. На первое место выходят дисциплины, содержащие интегрированный материал по нескольким смежным областям знаний.

Как отрицательное явление следует отметить, что процессы восприятия, запоминания, мышления у взрослого человека протекают не столь

расширению его возможностей и сфер применения. При этом возрастают и экономические выгоды от использования объекта. Затраты на эти виды работ целесообразно капитализировать, т. е. отнести на увеличение стоимости ранее созданного объекта научно-технической деятельности. Однако такой возможности наше законодательство не предоставляет, вследствие чего эти виды затрат организации вынуждены включать в текущие расходы.

Автоматизация производственно-технологических, учётных и экономических работ в организации так же осуществляется, как правило, поэтапно (по задачам) на протяжении ряда лет. Так, при автоматизации бухгалтерского учёта организация может последовательно осуществлять автоматизацию учёта кадров, заработной платы, складских операций, торговли и т. д. В результате происходит наращивание мощности и расширение функций первоначально внедрённой программы. Стоимость каждого последующего этапа (задачи) в рамках одного договора должна, по мнению автора, увеличивать первоначальную стоимость применяемой в организации программы «1С «Бухгалтерия».

Кроме того, в процессе развития организации могут изменяться (совершенствоваться) производственные, технологические и экономические процессы и объекты. Это вызывает необходимость вносить изменения и дополнения в программы их автоматизации. В результате программы приобретают качественно иные характеристики и параметры. Следовательно, затраты на выполнение таких работ так же должны увеличивать первоначальную стоимость действующей программы.

Однако возможность такой капитализации затрат не предусмотрена действующими нормативными правовыми актами. Вследствие этого организации вынуждены затраты по доработке, модернизации и расширению указанных объектов НМА относить на текущие затраты. В результате применения данного способа учёта происходит завышение текущих затрат в месяце их списания и занижение стоимости долгосрочных активов. Между тем, Международными стандартами финансовой отчетности (МСФО 38 "Нематериальные активы") допускается возможность капитализации подобных затрат, если это приведёт к увеличению экономических выгод для организации.

Отсутствие возможности для отечественных организаций капитализировать затраты, позволяющие качественно усовершенствовать нематериальные активы, искажает объективность бухгалтерской отчётности организаций в части соотношения текущих и капитальных затрат. Решение данных проблем в ходе очередных шагов по совершенствованию методологии бухгалтерского учёта позволит осуществить дальнейшие шаги в ходе сближения национальных стандартов учёта с международными.

УДК 621.914.2:669

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

В. М. ШЕМЕНКОВ, М. А. БЕЛАЯ, *П. Г. ЖУКОВЕЦ, *А. Л. ШЕМЕНКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «МОГИЛЕВЛИФТМАШ»
Могилев, Беларусь

Качественные изменения в металлообработке, повышают требования к работоспособности и надежности инструментальной и технологической оснастки. Учитывая определяющую роль поверхностного слоя в обеспечении износостойкости инструментов, в настоящее время, большое внимание уделяется разработке, развитию и совершенствованию различных методов нанесения износостойких покрытий на рабочие поверхности.

В практике металлообработки широкое распространение получили режущие инструменты с нанесенными на рабочие поверхности защитными покрытиями на основе титана, такие как TiN, TiC и Ti(C_XN_Y).

Настоящая экономическая обстановка требует постоянного роста производительности труда, экономии дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов.

В нынешнем качестве покрытия уже не удовлетворяют постоянно повышающимся к ним требованиям, а разработка новых связана со значительными материальными затратами. Поэтому остро стоит вопрос о создании технологических процессов улучшения эксплуатационных характеристик существующих.

Одним из перспективных является использование метода модифицирующей обработки, основанной на тлеющем разряде удельной мощностью горения до 1 Квт/м^2, который позволяет получить поверхностный слой защитного покрытия с повышенными физико-механическими характеристиками.

Для установления влияния тлеющего разряда на износостойкость защитных покрытий исследованию подвергалась партия многогранных пластин с нанесенными защитными покрытиями разного химического состава, до и после модифицирующей обработки тлеющим разрядом. Исследования проводились в производственных условиях ОАО «ТАиМ» (г. Бобруйск) МОАО «Красный металлист» (г. Могилев) и УЧНПП «Технолит» (г. Могилев), при изготовлении реальной продукции.

Проведенные испытания выявили, что модифицирование многогранных пластин с покрытием типа TiN, приводит к повышению их эксплуатационных характеристик в 1,5…2 раза, пластин с покрытием типа TiC – в 1,8…2,5 раза, а пластин с покрытием типа TiCN – в 2…2,5 раза.

УДК 539.3

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОДВИЖНЫМ ИНДЕНТОРОМ

М. Х. АБДУЛКАДЕР
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

При решении ряда технических задач возникает необходимость расчетов контактного взаимодействия деформируемых твердых тел с грунтом. В частности, важно знать, какие нагрузки возникают при бурении скважин, чтобы обеспечить оптимальные режимы работы оборудования.

Напряженно-деформированное состояние грунтов описывается сложными упруго-пластическими моделями, для которых предел текучести формирует так называемую поверхность текучести. Ее уравнение принимают в зависимости от критерия прочности, по которому производят расчет. Целью работы является анализ влияния физических характеристик грунтов, упруго-пластические свойства которых описываются моделью Друкера-Прагера, на их напряженно-деформированное состояние при взаимодействии с упругим индентором.

Для моделирования использован программный комплекс ANSYS. Рассматривалось вдавливание с касательным смещением сферического металлического индентора диаметром 10 мм в деформируемое основание, которое моделировалось цилиндром диаметром 20 мм и высотой 30 мм. Для удобства создания мелкой конечноэлементной сетки этот цилиндр в геометрической модели сделан составным (диаметр внутренней части 10 мм). Материал индентора считался линейно упругим, изотропным с модулем упругости $E_и = 2 \cdot 10^{11}$ Па и коэффициентом Пуассона $\nu_и = 0{,}3$. Расчеты выполнялись для значений модуля упругости основания $E_о = 600$ МПа при коэффициенте Пуассона $\nu = 0{,}2$. Параметры модели Друкера-Прагера: когезия $c = 2{,}9$ МПа, угол трения $\varphi = 32°$.

С учетом симметрии системы выполнен расчет половины конструкции. При создании конечноэлементной модели использован восьмиузловой конечный элемент SOLID65, который учитывает способность к пластической деформации. Общее число элементов модели оказалось близким к 81000.

Результаты расчетов показывают, что при учете упруго-пластических деформаций в соответствии с моделью Друкера-Прагера максимальные эквивалентные напряжения в основании оказываются в 1,5–1,7 раза меньшими по сравнению с упругой моделью для случая, при котором смещение индентора вдоль плоскости основания в пять раз превышает их сближение.

УДК 338.24:004.41/42

К ВОПРОСУ ИЗМЕНЕНИЯ СТОИМОСТИ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ПО НАЦИОНАЛЬНЫМ СТАНДАРТАМ УЧЕТА

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

Согласно пунктов 16 и 17 Инструкции по бухгалтерскому учету нематериальных активов, утв. Постановлением Министерства финансов Республики Беларусь №25 от 30.04.12 г. (Инструкция № 25) «Первоначальная стоимость нематериальных активов (НМА) не подлежит изменению, за исключением случаев, установленных законодательством». Пунктом 17 Инструкции № 25 установлена единственная возможность изменения первоначальной стоимости данных активов – их переоценка по текущей рыночной стоимости в случае возможности достоверного ее определения исключительно по данным активного рынка нематериальных активов.

Однако на практике возникают ситуации, когда организации проводят значительные по объёму и стоимости работы по расширению, доработке или совершенствованию НМА. Наиболее часто такие ситуации возникают в отношении таких объектов НМА, как результаты научно-технической деятельности и компьютерные программы, приобретённые по лицензионным договорам.

Для практики научной деятельности типичной является ситуация, когда работы по определённому направлению продолжаются много лет. При этом промежуточные результаты работы, оформленные актами сдачи-приёмки, могут представлять коммерческий интерес для организации-разработчика. При этом в отношении объекта соблюдается ряд условий:

– работы по этапу являются относительно завершёнными;

– организацией определена возможность использования создаваемого нематериального актива в своей деятельности, его реализации или передачи по лицензионным (авторским) договорам;

– документально подтверждены затраты на создание нематериального актива и приведение его в состояние, пригодное для использования;

– организация предполагает получение экономических выгод от использования нематериального актива в своей деятельности, его реализации или передачи по лицензионным (авторским) договорам и может ограничить доступ других лиц к данным выгодам. Это означает, что объект удовлетворяет всем критериям нематериального актива и может быть принят к бухгалтерскому учёту в этом качестве у организации-разработчика.

Дальнейшие работы в этом научном направлении приводят, как правило, к совершенствованию качественных параметров созданного объекта,

защиты, габаритные размеры машин и силовых преобразователей, совместимость с другими устройствами и т. п.

К минимальным требованиям, которые могут быть перевыполнены, но недовыполнение которых недопустимо, относятся требования к диапазону регулирования частоты вращения, точности регулирования, КПД, средней наработке на отказ, степени устранения радиопомех, уровню шума и т. д.

Выполнение пожеланий повышает качество проектируемой системы привода в отношении внешнего оформления, удобства обслуживания и комфорта в эксплуатации.

Все вышеперечисленные показатели качества имеют разную природу и оказывают неравноценное влияние на результирующую оценку варианта проектирования. Чтобы произвести выбор оптимального варианта, используются такие методы, как теория нечётких множеств и метод анализа иерархий. Для оценки вариантов проектирования систем электропривода можно применить предлагаемую ниже методику.

На первом этапе процесса оценки вариантов проектирования систем электропривода целесообразно структурировать задачу, сгруппировать показатели качества, используемые в ходе оценки.

На втором этапе производится оценка каждого показателя качества, для чего на основе суждений эксперта для каждого показателя строится функция принадлежности, которая характеризует степень желательности того или иного значения показателя качества для проектировщика. Таким образом все показатели будут приведены к общей базе сравнения.

На третьем этапе производится определение степени влияния каждого показателя качества на оценку варианта проектирования. Эту задачу можно решить, используя элементы метода анализа иерархий. Опираясь на экспертные оценки, проектировщик заполняет матрицы парных сравнений для каждой группы показателей качества и определяет вес каждого показателя, который соответствует его влиянию на оценку вариантов.

На четвёртом этапе производится оценка каждой группы показателей качества путём их свёртки в обобщённый показатель с учётом их важности В результате для каждой группы будет сформирована оценка, принимающая значения от нуля до единицы. Чем ближе к нулю оценка группы показателей, тем хуже в оцениваемом варианте реализованы требования по отношению к данной группе. Если же оценка группы показателей близка к единице, значит, в этой группе требования выполнены.

Для получения обобщённой оценки варианта решения необходимо провести свёртку всех групп показателей в один обобщённый. Эта оценка также будет принимать значения от нуля до единицы. Максимальная оценка будет характеризовать оптимальный вариант решения при проектировании систем электропривода.

Отметим, что увеличение модуля упругости основания приводит к постепенному ухудшению сходимости, что связано, по нашему мнению, с уменьшением размера контактной площадки и необходимостью создания более мелкой конечноэлементной сетки. Наличие достаточно больших первых главных напряжений в материале основания (рис. 1, а) свидетельствует об образовании трещин в нем, как это и происходит на практике при осуществлении бурения скважин в мягких грунтах.

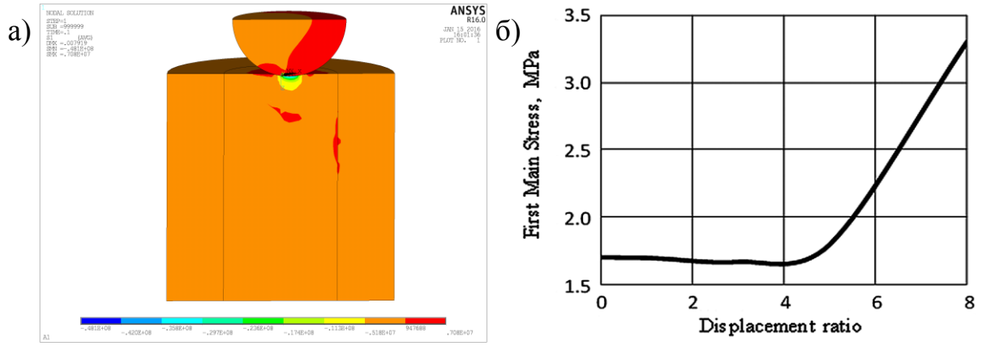


Рис.1. Первые главные напряжения: а – схема распределения, Па; б – зависимость от соотношения между горизонтальными и вертикальными перемещениями индентора

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния для разных соотношений между вертикальными и горизонтальными смещениями индентора показали, что по мере увеличения горизонтального смещения уровни большинства напряжений увеличиваются. Исключение представляют главные напряжения. Первые главные напряжения вначале демонстрируют некоторое снижение, а затем достаточно быстрый рост. Третьи главные напряжения наоборот, вначале незначительно увеличиваются, а потом быстро уменьшаются. Этот факт может быть объяснен перераспределением материала, обусловленным недостаточной когезией между его частицами.

Выполненные исследования показали, что учет упруго-пластических деформаций приводит к существенному уменьшению значений напряжений, возникающих в основании, по сравнению с упругой моделью. При этом максимальные напряжения снижаются на 50–70 % и более. Анализ зависимости напряжений в основании от отношения между горизонтальными и вертикальными перемещениями индентора показал незначительное изменение напряжений в диапазоне изменения отношений от 0 до 4 и значительный их рост при отношениях, превышающих 4 (рис.1, б).

УДК 621.89

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ПАР ТРЕНИЯ ТИПА “ВАЛ-ВТУЛКА” В ПРОЦЕССЕ ПРИРАБОТКИ

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

Приработка во многом определяет общую долговечность деталей. Формирование в результате правильной приработки рабочих поверхностностей трения при минимальном износе обеспечивает значительное повышение долговечности узла трения.

Для испытаний была определена пара трения типа “вал-втулка”. Рабочие поверхности образцов были получены разными методами механической обработки, точением и шлифованием. Образец, выступающий в качестве “вала” пары трения был изготовлен из легированной конструкционной стали 40Х с последующей термообработкой до HRC 40…45 ГОСТ 4543-71, а втулка – из оловянистой бронзы БрОЦС 5-5-5 ГОСТ 613-79. 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.

Определение линейного износа внешнего образца (втулки) пары трения проводили методом определения весового износа образцов. Результаты испытаний пар трения на износ и расчета интенсивности изнашивания приведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты расчета значений интенсивности изнашивания пары трения “вал-втулка”

Время испытания t, мин.	Путь трения L, м	Величина суммарного износа, для поверхностей		Интенсивность изнашивания	
		точение $\sum\Delta m$, г	шлифование $\sum\Delta m$, г	точение, I_h	шлифование, I_h
15	900	0,0049	0,0032	$26{,}504\cdot10^{-11}$	$28{,}020\cdot10^{-11}$
30	1800	0,0067	0,0038	$19{,}393\cdot10^{-11}$	$19{,}160\cdot10^{-11}$
180	10800	0,0069	0,0039	$3{,}286\cdot10^{-11}$	$3{,}288\cdot10^{-11}$
360	21600	0,0073	0,0041	$1{,}697\cdot10^{-11}$	$1{,}739\cdot10^{-11}$
540	32400	0,0077	0,0042	$1{,}203\cdot10^{-11}$	$1{,}223\cdot10^{-11}$
720	43200	0,0080	0,0043	$0{,}929\cdot10^{-11}$	$0{,}953\cdot10^{-11}$

УДК 338

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

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

Процесс проектирования технических объектов представляет собой обработку исходных данных и требований, необходимых для решения задачи, формирование множества вариантов решений и выбор оптимального варианта. В результате этого процесса разрабатывается техническая документация проектируемого объекта, максимально соответствующая поставленным требованиям. Рассмотрим данный процесс на примере проектирования систем электропривода.

Процесс проектирования систем электропривода содержит следующие этапы:

– анализ входной информации и постановка задачи;

– выбор одного или нескольких подходящих вариантов из большого числа допустимых решений с учётом самых важных требований;

– грубый расчёт параметров для выбранных вариантов, оценка их качества с целью выбора наилучшего варианта решения;

– точный расчёт и оптимизация выбранного варианта;

– разработка технической документации.

Таким образом, в ходе проектирования производится многократная оценка и сравнение вариантов с целью выбора наилучшего решения. При этом требуется учитывать технические, технологические, экономические характеристики рассматриваемых вариантов, а также экологичность и эргономичность разработки.

Для эффективной оценки вариантов проектирования систем электропривода необходимо чётко определить перечень требований и показателей качества. Для структурирования задачи и определения основных и второстепенных свойств объекта можно применять такие инструменты, как причинно-следственные диаграммы и деревья свойств.

Для осуществления выбора оптимального варианта решения при проектировании систем электропривода рекомендовано использовать следующие группы требований: обязательные, минимальные и пожелания (не обязательные, но желательные).

К обязательным требованиям, которые должны быть точно соблюдены, относятся такие показатели, как параметры питающей сети, плавность регулирования частоты вращения, конструктивное исполнение, способ

Каждая из выделенных групп включает несколько факторов, перечень которых можно увеличить за счет их разбивки на более мелкие составляющие. Например, к природным ресурсам необходимо отнести землю, воду, леса, нефть, газ, каменный уголь, минералы и т. п.; к трудовым – количество населения, отношение к труду, уровень образования; к денежным – величину национального дохода, накопление, инвестиции; к материальным – производственные здания и сооружения, машины и механизмы, сырье и материалы. Между этими факторами существуют сложные взаимосвязи и взаимозависимости. Часть их является взаимозаменяемой в определенных размерах: трудовые факторы – материальными (машинами, автоматами, роботами), природные – денежными ресурсами (при отсутствии нефти, газа минералов их можно купить). От производственных и мотивационных факторов зависит эффективность использования ресурсных факторов, а структурные и институциональные влияют на проявление ресурсных, производственных и мотивационных факторов. Эффективность использования различных факторов, обеспечивающих устойчивое экономическое развитие предприятия, зависит от разных субъектов. Так, степень влияния производственных факторов на экономическое развитие предприятия зависит от руководителей, специалистов и всего состава трудового коллектива предприятия, тогда как значимость мотивационных и институциональных факторов определяется экономической политикой государства. Анализ экономического развития предприятия сталкивается с определенными методологическими трудностями. Главная из них – разнородность и несоизмеримость различных видов ресурсов, в частности труда и основных фондов. Получение обобщающей макроэкономической оценки эффективности использования ресурсов экономического развития осложняется проблемой соизмерения труда и основных средств.

Существуют различные подходы к решению данной проблемы. Один из них связан с попытками стоимостного соизмерения труда и основных средств путем оценки труда по величине заработной платы. Однако при таком подходе возникает много неопределенностей и, как правило, занижается роль трудового фактора, поскольку учитывается лишь оплачиваемая часть затрат труда. Другим подходом получения обобщенной оценки эффективности использования труда и основных средств является применение аппарата так называемых производственных функций. Они могут строиться в различных формах, выражая функциональную зависимость между результатом производства и тем или иным набором ресурсных факторов. Наиболее известна функция Кобба-Дугласа, представляющая собой двухфакторную модель зависимости результата производства от трудовых ресурсов и активной части основных средств.

Диаграмма, показывающая изменение интенсивности изнашивания пары трения от пути трения, показанная на рис. 1, свидетельствуют о том, что интенсивность изнашивания в первые минуты приработки (путь трения от 0 до 0,9 км) во много раз превышает последующие значения изнашивания.

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.

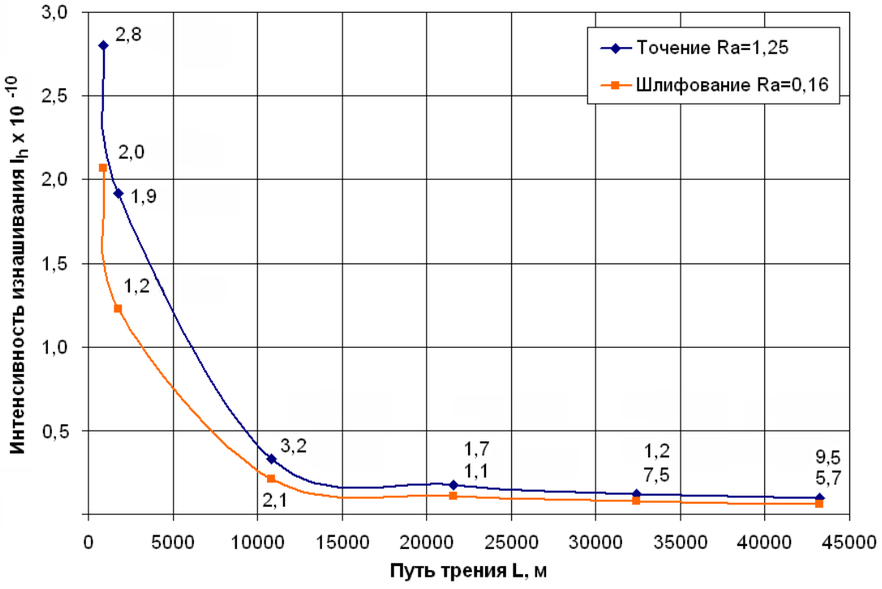


Рис. 1. Зависимость интенсивности износа от пути трения исследуемых пар трения в процессе приработки (нагрузка P = 1000 Н, скорости скольжения V = 1,0 м/с)

Таким образом, долговечность эксплуатации пары трения во многом будет зависеть от интенсивности изнашивания в процессе приработки и тем самым от времени самой приработки, что говорит о целесообразности уже на стадии изготовления технологически обеспечивать оптимальные параметры качества поверхностного слоя.

УДК 621.878.6

ОСОБЕННОСТИ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

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

Магнитно-абразивная обработка деталей является одним из эффективнейших современных методов повышения качества поверхности. В отличие от шлифования магнитно-абразивная обработка является «мягким» процессом, при котором отсутствуют прижоги, и достигается высокая чистота поверхности при упругом воздействии абразивных зерен на обрабатываемую поверхность [1].

Как и в любом технологическом процессе, при магнитно-абразивной обработке можно выделить ряд факторов, оказывающих определяющее влияние на эффективность обработки. К числу таких факторов можно отнести: характеристики абразивного зерна (величина, форма, концентрация зерен в рабочей жидкости, твердость, прочность, магнитные свойства); характеристики рабочей жидкости (нейтральность, смачиваемость, вязкость, плотность); мощность магнитного потока; направление и комбинации относительных движений детали и абразивного зерна, скорости и амплитуды; время обработки.

При обработке абразивными материалами, как правило, в работе участвует огромное множество частиц, но для удобства анализа лучше рассматривать работу отдельно взятой частицы, полагая, что все остальные частицы работают по подобному сценарию. Работа абразивной частицы сопровождается процессами, присущими и другим видам обработки резанием. Абразивные зерна должны обладать высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью. Это позволяет обрабатывать ими твердые материалы, в т. ч. закаленные стали, метало- и минералокерамические твердые сплавы. Обработка абразивными частицами применяется, прежде всего, как отделочная операция, так как зерна срезают очень тонкие стружки (в несколько микрон и даже доли микрон) и с большой скоростью (до 40 м/с$^{-1}$ и выше). Это позволяет получать высокую точность и высокую чистоту поверхности.

Абразивные зерна – это мелкие частицы природных: природный алмаз, корунд, наждак, известь, кварц и др., и синтетических минералов: синтетический алмаз, эльбор, карбид бора, окиси различных металлов (хрома, железа, алюминия и т. д.) и др. При доводочной обработке наиболее важным свойством абразивных зерен является твердость. Твердость характеризуется способностью зерна внедряться в

УДК 338.27

УСТОЙЧИВОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: ФАКТОРЫ, ПОКАЗАТЕЛИ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

О. О. ГАПЕЕВА-СЕРГЕЙЧИК, С. М. КАРАНЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Под устойчивым экономическим развитием предприятия понимается способность производственной системы, движущейся во временном пространстве, не отклоняться от своего движения при каких-либо внутренних и внешних воздействиях. Устойчивое экономическое развитие предприятия может быть обеспечено достижением ценовой, управленческой, финансовой и деловой устойчивости.

Ценовая устойчивость – обеспечение оптимального механизма ценообразования продукции, который позволит с наибольшим эффектом планировать устойчивый уровень прибыли.

Управленческая устойчивость – способность квалифицированного персонала управлять производством, проводить грамотный маркетинг, анализировать работу предприятия, а также обеспечивать надежное информационное поле для разработки дальнейшей стратегии.

Финансовая устойчивость – оптимизация основных финансовых факторов, вызвавших изменения в экономическом состоянии предприятия, выявление доступных источников средств и оценка целесообразности их мобилизации с целью увеличения прибыльности.

Деловая устойчивость – оптимизация изменений на предприятии в пространственно-временном разрезе, прогноз основных тенденций в хозяйственно-экономическом положении предприятия, а также наличие стратегии дальнейшего развития, и постоянное повышение конкурентоспособности. В целом устойчивое экономическое развитие предприятия достигается в процессе стратегического и оперативного управления такими составляющими устойчивого развития как: инвестиционная активность, конкурентоспособность технико-технологического его уклада и продукции, инновационная активность, финансовая устойчивость, организационно-экономическая гибкость, воспроизводственная целостность (комплексность).

Устойчивое экономическое развитие предприятия зависит от факторов, которые непосредственно определяются положением экономики страны и вызваны объективными условиями. Факторы устойчивого экономического развития предприятия можно разделить на шесть больших групп: ресурсные, производственные, мотивационные, структурные, рыночные, институциональные.

При работе теплового насоса на привод компрессора затрачивается электроэнергия, а тепловая энергия отдается в помещение. Отношение данной тепловой энергии к затрачиваемой электрической называется коэффициентом трансформации или коэффициентом преобразования теплоты. Этот коэффициент является показателем эффективности тепловых насосов. Он зависит от температуры окружающей среды, в которую помещен испаритель и в современных насосах достигает 4.

Несмотря на такие показатели в нашей стране тепловые насосы не получили широкого распространения. Рассмотрим причины. Для населения стоимость 1 Гкал тепловой энергии при полном возмещении экономически обоснованных затрат в декабре 2015г. составляла 466119,0 р., а стоимость 1 кВт*ч электроэнергии по одноставочному тарифу – 990 р. Известно, что 1 Гкал=1,16*10^3 кВт*ч., тогда, для получения 1 Гкал тепловой энергии из электрической при КПД электрического нагревателя 0,98 необходимо заплатить 1171836,7 р. При использовании теплового насоса с COP=4 экономия составит 173160, 6 р. за 1 Гкал. Однако, зачастую капитальные затраты на установку теплового насоса в несколько раз превышают затраты на подведение теплотрассы к жилому дому и срок окупаемости превышает более 10 лет.

В индивидуальных домах, как правило, для отопления используются газовые котлы. Теплотворная способность 1 $м^3$ природного газа составляет примерно 40 МДж или 9,55*10^{-3} Гкал. При использовании современного газового котла с КПД 0,95…0,96 для получения 1 Гкал тепла необходимо сжечь примерно 100 $м^3$ природного газа. Стоимость 1 $м^3$ природного газа в декабре 2015г. составляла 646,9 р. Тогда для получения 1 Гкал тепла в газовом котле необходимо затратить всего 64690 р., а в самом современном тепловом насосе – 173160, 6 р., т.е. отопление с помощью газового котла почти в 2,7 раза дешевле, чем с помощью теплового насоса. Капитальные затраты на подвод газового трубопровода и установку газового котла примерно сопоставимы с затратами на приобретение и монтаж теплового насоса. Поэтому тепловые насосы в нашей стране и не нашли распространения для отопления индивидуальных жилых домов в нашей стране.

Стоимость природного газа в Европе в несколько раз выше, чем у нас. Поэтому использование тепловых насосов там экономически выгодно и они нашли широкое применение.

обрабатываемый материал и разрушать его поверхность, а также сопротивляться поверхностному измельчению под действием внешних сил. Важной характеристикой абразивного материала является зернистость абразивных частиц. Зернистость характеризует размеры абразивных зерен и обозначается номером.

Для магнитно-абразивной обработки необходимо использовать абразивные материалы, обладающие магнитными свойствами (это, в основном, твердые окислы металлов и сплавов). Это может быть также смесь, составленная из абразивных магнитных и немагнитных материалов. Например, абразивный порошок со следующими свойствами: материал гомогенный, без химических примесей, химический состав следующий: оксид кремния (SiO_2) – 41,34 %; оксид железа (FeO) – 9,72 %; закись железа (Fe_2O_3) – 12,55 %; окись алюминия (Al_2O_3) – 20,36 %; окись кальция (CaO) – 2,97 %; окись магния (MgO) – 12,35 %; окись марганца (MnO) – 0,85 %. Зерна данного порошка имеют острые грани неправильной формы, цвет абразива красный, розовый; гигроскопичен, инертный, самодисперсный, температура плавления – 1315 ºС; плотность – 3,9–4,1 г/$см^3$; природа – кристаллическая (кристаллы кубические, косоугольные двенадцатигранники); средняя магнитная чувствительность [2]. В настоящее время исследуются закономерности влияния состава абразивного порошка на качество поверхностей после магнитно-абразивного полирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сакулевич, Ф. Ю.** Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981 – 328 с.

2. **Благодарный, В. М.** Магнитно-абразивная обработка деталей / В. М. Благодарный, Божкова О. В., Токменинов К. А. // Новые направления в производственных технологиях : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Прешов (Словакия), 1998. – с.17–21.

УДК 621.833.001.024

РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИСХОДНОГО КОНТУРА НА НАГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

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

Максимально допустимые расчётные нагрузки для цилиндрических зубчатых передач из условий контактной выносливости (T_{1HP}) и выносливости зубьев при изгибе (T_{1FP}) можно вычислить по следующим формулам:

$$T_{1HP} = \frac{\sigma_{HP}^2 d_{w1}^2 u b_w}{k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} \cdot 2000 \cdot (u+1) z_M^2} \cdot \frac{1}{z_H^2 z_\varepsilon^2} = c_{HP} \cdot z_{H\varepsilon}^{-2};$$

$$T_{1FP} = \frac{\sigma_{FP} m b_w d_1}{2000 \cdot k_{F\alpha} k_{F\beta} k_{Fv}} \cdot \frac{1}{Y_F Y_\beta Y_\varepsilon} = c_{FP} \cdot Y_{F\beta\varepsilon}^{-1},$$

где c_{HP} и c_{FP} – принятые постоянные для зубчатой величины, учитывающие механические свойства материала и параметры зацепления, Н·м; $z_{H\varepsilon}$ – произведение коэффициентов при расчете контактной выносливости активных поверхностей зубьев; $Y_{F\beta\varepsilon} = Y_F Y_\beta Y_\varepsilon$ – произведение коэффициентов при расчете выносливости зубьев на изгиб. Остальные обозначения, относящиеся к геометрии, кинематике и прочности цилиндрических зубчатых передач, соответствуют ГОСТ 16531-70 и ГОСТ 21354-75.

При принятых постоянных значениях величин c_{HP} и c_{FP} коэффициенты $z_{H\varepsilon}$ и $Y_{F\beta\varepsilon}$, зависящие от параметров исходного контура, коэффициентов смещения и угла наклона линии зуба определяют нагрузочную способность цилиндрической зубчатой передачи. Составлена программа на ЭВМ (язык С++) для расчета этих коэффициентов.

Для количественной оценки влияния параметров исходного контура (α, h_a^*, h_l^*, c^*), зацепления (x_1, x_2, β) на нагрузочную способность цилиндрической зубчатой пары расчёт коэффициентов $z_{H\varepsilon}$ и $Y_{F\beta\varepsilon}$ проводился в два этапа. На первом этапе вычислялись соответствующие коэффициенты для заданного варианта. На втором этапе варьировались параметры исходного контура и зацепления, вычислялись отношения коэффициентов заданного варианта к варьируемому.

Так, например, для зубчатой пары с параметрами $z_1 = 10$, $z_2 = 55$, $m = 10{,}5$ мм, $a_w = 342$ мм, $b_w = 100$ мм, $x_1 = 0{,}429$, $x_2 = -0{,}357$, $\beta = 0^\circ$ и исходным контуром $\alpha = 20^\circ$, $h_a^* = 1$, $h_l^* = 2$, $c^* = 0{,}25$, принимая новые параметры исходного контура $\alpha = 25^\circ$, $h_a^* = 1$, $h_l^* = 2$, $c^* = 0{,}25$ и зацепления $x_1 = 0{,}5$, $x_2 = -0{,}429$, $\beta = 0^\circ$, получаем увеличение нагрузочной способности по контактной напряжениям на 18 % и по напряжениям изгиба на 14 %.

УДК 621.22

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В БЕЛАРУСИ

С. Д. ГАЛЮЖИН, О. М. ЛОБИКОВА, Н. В. ЛОБИКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В развитых странах мира для обогрева зданий и сооружений широко используются тепловые насосы. Рассмотрим принцип действия простейшего теплового насоса (рис. 1). Простейший тепловой насос содержит компрессор 1, конденсатор 2, испаритель 3 и регулятор потока 4 (терморегулирующий вентиль). Из компрессора 1 парообразный фреон поступает в конденсатор 2, который представляет собой теплообменник, через который вентилятором 5 продувается воздух помещения. При конденсации фреона выделяется тепловая энергия, которая нагревает воздух помещения. После конденсации жидкий фреон поступает через регулятор потока 4 в испаритель 3. Регулятор потока 4 в результате дросселирования понижает давление жидкого фреона до такой величины, при которой происходит его испарение. Энергия, необходимая для испарения, забирается из окружающей среды. В современных конструкциях тепловых насосов, чаще всего, испаритель располагается в земле на определенной глубине, в море или озере ниже ледяного покрова.

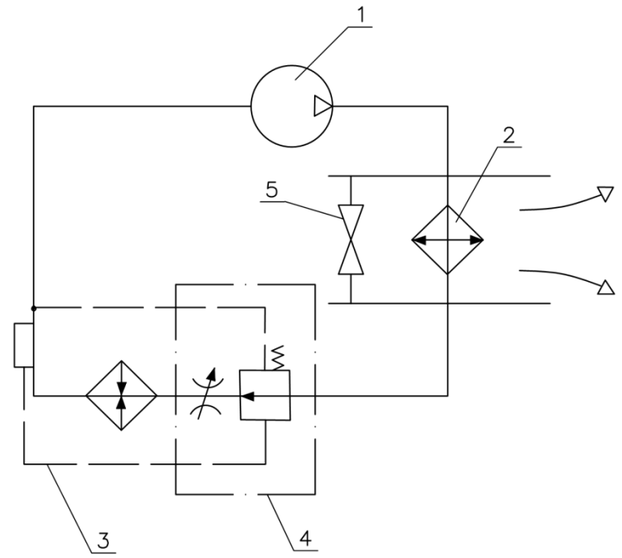


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема теплового насоса

Имея в наличии широкий арсенал инструментов контроллинга, контроллер сможет помочь своей организации не только вовремя увидеть возникшие проблемы, но и найти реальные пути их решения.

Внедрение системы контроллинга – сложный процесс, при котором необходимо учитывать следующие факторы:

– руководить изменениями должен менеджер;

– возглавлять проект по внедрению системы контроллинга должен руководитель высшего звена, у которого есть полномочия принимать стратегические решения;

– вовлечение каждого сотрудника в реализацию стратегии через ежедневные функциональные обязанности. Система контроллинга подразумевает, что каждый сотрудник должен принять стратегию и стремиться реализовать ее через свои ежедневные обязанности;

– реорганизация предприятия для реализации стратегии. Почти каждое предприятие в своем развитии сталкивается с трудностями реализации единой стратегии, поскольку каждое структурное подразделение выполняет различные функции и, как правило, имеет свои цели. Подразделения и службы оказываются вовлеченными в процесс реализации стратегии путем обмена информацией в структурных отчетах подразделений;

– превращение стратегии в непрерывный процесс;

– доведение стратегии до каждого члена команды. Многие предприятия достигают успеха не за счет выпуска новой продукции и привлечение значительных ресурсов, а за счет своего внутреннего потенциала. С помощью построения системы контроллинга организации создают общую точку отсчета для всех структурных подразделений и отдельных сотрудников.

Отдельные элементы контроллинга, имеющие те или иные наименования, уже давно известны на отечественных предприятиях (есть учет, планирование и анализ). Однако функции контролллинга распределены, как правило, между разными подразделениями (бухгалтерия, планово-экономический отдел, аналитическая служба), которые по ряду причин просто не понимают друг друга. Иногда между ними возникают даже конфликты. Современные условия ведения бизнеса требуют, чтобы выполнение этих функций было сконцентрировано в одном подразделении.

Организационно контроллинг может быть оформлен как самостоятельная служба, как подразделение в составе бухгалтерии (финансового отдела), как штаб при руководителе.

Основным фактором, влияющим на выбор той или иной модели контроллинга, является размер предприятия, его отраслевая принадлежность, компетенции и мотивированности сотрудников предприятия (в частности, финансового директора, экономистов, бухгалтеров).

УДК 621.9

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ТОПОЧНОЙ ЧАСТИ ПАРОВОГО КОТЛА

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

К выполнению данных расчетов привел выход из строя топочной части парового котла на одном из малых предприятий города. К данной ситуации привело образование выпучины.

Прежде всего были проанализированы все факторы, которые могли бы привести к появлению выпучины. В рассматриваемом случае – возникло из-за перегрева.

Следующим этапом было изучение конструкции топочной части и условий эксплуатации. Топочная часть представляет собой тонкостенную трубу, часть которой гофрирована. Росту выпучины в продольном направлении воспрепятствовала именно гофрированная область. Нужно также отметить, что паровой котел способен работать в режиме, когда давление пара в котле значительно превышает его максимально допустимое значение.

Дальнейшая задача состояла в том, чтобы дать рекомендации для изготовления топочной части, которая будет представлять собой тонкостенную трубу. Прежде всего необходимо было подобрать материал отечественного производства и определить оптимальную толщины стенки, чтобы обеспечить достаточную прочность и жесткость. Расчет напряжений и деформаций производился с использованием пакета «SolidWorks». В результате было установлено, что в данном случае материал оригинального изделия сталь P295GH можно заменить сталью 14Г2 с пределом текучести 340 МПА. Для обеспечения прочности принять толщину стенки трубы не менее 20 мм. Тогда при давлении 1,2 МПА наибольшее окружное напряжение в стенке составит 34,1 МПа, меридиональное напряжение – 17,05 МПа.

Далее была решена температурная задача, при условии, что без охлаждения была достигнута критическая температура 404 ^{o}C . Отмечается существенный рост напряжений. Также в данных условиях работы возможен перекал. Попадание воды на перегретую до красного каления стенку котла мгновенно образует пар. Возникающее при этом на перегретой и размягченной поверхности стенки котла высокое напряжение может спровоцировать ее разрыв.

УДК 621.83

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА ПУТЕМ МИНИМИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ЕЕ ЗВЕНЬЕВ

П. Н. ГРОМЫКО, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ, И. В. ТРУСОВ, В. Л. ЮРКОВА, А. С. САКОВСКАЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Традиционные способы снижения себестоимости изготовления механических передач, заключающиеся в применении высокотехнологичного оборудования, в основном исчерпали свои возможности. Ниже предложен принципиально новый подход, основанный на разработке способов минимизации влияния на показатели зацепления погрешностей изготовления и сборки их звеньев.

Обеспечение теоретически точной геометрии зацепления механической передачи гарантирует наилучшие показатели ее зацепления. Однако погрешности изготовления и сборки не позволяют сохранить теоретическую геометрию зацепления в реально работающей передаче. Это приводит к ухудшению показателей зацепления передачи, а в некоторых случаях – к потере ее работоспособности.

Сущность данного подхода заключается в разработке зацепления, которое бы обеспечивало в широких пределах нечувствительность к погрешностям изготовления и монтажа звеньев. Первым шагом для реализации указанного подхода является разработка математических взаимосвязей между основными показателями зацепления передачи и указанными выше погрешностями [1, 2]. Т. е. создаются математические модели, позволяющие оценить эффективность предложенных способов минимизации влияния погрешностей изготовления и монтажа на основные показатели зацепления. Затем предлагаются для исследований всевозможные варианты зацепления передачи эксцентрикового типа, и на основе критерия обеспечения наилучших показателей зацепления отдается предпочтение тому или иному варианту.

Для подтверждения достоверности полученных аналитическим путем результатов целесообразно провести исследования с использованием методов компьютерного моделирования. С этой целью необходимо создать твердотельную модель передачи эксцентрикового типа, учитывающую возможные погрешности изготовления и монтажа звеньев. Определение основных показателей зацепления методами компьютерного моделирования имеет свои преимущества по сравнению с аналитическими

УДК 338

КОНТРОЛЛИНГ КАК СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

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

Современные условия ведения бизнеса предъявляют крайне жесткие требования к информационной основе принятия управленческих решений. Информация, поступающая к руководителю предприятия, должна быть не только оперативной, но и максимально точной. В противном случае принимать правильное управленческое решение будет очень сложно.

Одним из основных направлений развития системы управления предприятием является разработка и применение концепции контроллинга.

Контроллинг – новое явление в теории и практике современного управления, возникшее на стыке экономического анализа, планирования, управленческого учета и менеджмента, представляющее собой систему управления экономикой предприятия, ориентированную на выполнение оперативных и стратегических целей и достижение заданных результатов, объединяющую информационное обеспечение, планирование, контроль и анализ.

Главной целью контроллинга является ориентация процесса управления на достижение всех целей и задач, стоящих перед предприятием.

Несмотря на преимущества контроллинга, внедрение данной системы на предприятиях связано с рядом определенных сложностей.

Проблемы, стоящие перед предприятиями, с одной стороны, определяются внешними факторами (нестабильное законодательство, неблагоприятный инвестиционный климат, сложная макроэкономическая ситуация в целом), с другой – часть проблем возникает из-за влияния внутренних факторов – неправильное построение системы информационного обеспечения менеджмента, проблемы правового характера, технические сложности, а также «человеческий фактор».

К техническим трудностям внедрения контроллинга можно отнести необходимость разработки внутренних форм отчетности для отражения информации, необходимой для проведения контроллинга, также необходима автоматизация данного процесса, приобретение новых программных продуктов, способных отвечать заданным требованиям предприятия.

К проблемам социально-психологического характера относятся привычки людей, страх перед неизвестностью, так как зачатую новые подходы к анализу и управлению затратами не согласуются со знаниями и представлениями исполнителей.

$h*y_{j-1}$ – затраты на хранение продукции на j-ом этапе в объеме y_0.

Известно $c_0(x_0)$ – затраты на формирование начального запаса. Тогда на шаге 1 принятия решения уравнение Беллмана примет вид:

$$f_1(y_1) = \min(f_1(y_0) + C_1(x_1,y_0)) = \min(f_1(y_0) + c_0(x_0) + h*y_0). \quad (5)$$

Все переменные в уравнении известны, а значит его можно решить. На шаге j уравнение (5) имеет вид:

$$f_j(y_j) = \min(f_j(y_{j-1}) + c_j(x) + h * y_{j-1}). \quad (6)$$

Для получения оптимального решения целесообразно воспользоваться двумя таблицами. Заполнение первой таблицы проводится так: столбцы – величина запаса с предыдущего шага, строки – объем производства на текущем этапе. Число столбцов ограничивается y_{max}, а число строк x_{max}. Клетка таблицы делится на две части. В одной части записываются значения состояния в конце текущего этапа

$$(y_j = y_{j-1} + x_j - d_j). \quad (7)$$

Если $y_j < 0$, то это недопустимое состояние, клетка вычеркивается из рассмотрения. Во второй части клетки записывается значение функции

$$f_j(y_j) = C_{j-1}(x_{j-1}) + C_j(x_j) + h * y_{j-1}. \quad (8)$$

Среди допустимых клеток находятся клетки с одинаковыми значениями состояний, и выбирается клетка, для которой функция $f_j(y_j)$ минимальна, для нее фиксируется оптимальный объем производства. Эти результаты записываются во вторую таблицу. Такие шаги повторяются N раз. Для нахождения оптимальных объемов производства x_j и оптимальных уровней запасов y_j производится решение задачи в обратном порядке. На последнем этапе (j = N) из второй таблицы выбирается x_j и y_j соответствующие оптимальной (минимальной) функции затрат $f_j(y_j)$. На этапах $j < N$ из второй таблицы выбираются строки для которых x_j и y_j, такие, что бы $|d_j - x_{j+1}| = y_j$. Обратное решение задачи производится до первого этапа.

Таким образом, применение существующих экономико-математических методов в управлении запасами предприятия способствует построению наиболее эффективной системы управления запасами.

методами исследований. При разработке математических моделей достаточно сложно учесть наличие многопарности зацепления зубьев при работе передачи. Методы компьютерного моделирования работы передачи позволяют определять показатели ее зацепления с учетом того, что в контакте могут находиться одновременно несколько пар зубьев.

Конкретное воплощение изложенного выше подхода нашло свое отражение при разработке прецессионного мотор-редуктора для привода ковшового элеватора зерносушильного комплекса [3]. В основу прецессионного мотор-редуктора было положено зацепление со сферическими зубьями центрального колеса.

Благодаря разработанным математическим моделям, позволяющим определить основные показатели зацепления прецессионного мотор-редуктора, была разработана методика расчета, учитывающая особенности зацепления со сферическими зубьями. На ее основе была разработана принципиально новая конструкция мотор-редуктора с функцией компенсирующей муфты для привода ковшового элеватора зерносушильного комплекса, имеющая необходимые эксплуатационные свойства (КПД не ниже 88 %, кинематическую погрешность не более 15 угловых минут) при изменениях в широких пределах (до 5 мм) обобщенной погрешности расположения выходного вала.

Указанный мотор-редуктор в 1,15 раза по массе и в 1,4 раза по габаритным размерам меньше, по сравнению с применяемым в настоящее время приводом с червячным редуктором (SITI MU 110 15/1, Италия). Экономический эффект от внедрения прецессионного мотор-редуктора в конструкцию привода ковшового элеватора зерносушильного комплекса составляет 155 млн р.

Таким образом, была решена проблема коррекции пространственного расположения выходного вала передачи без применения традиционных компенсирующих муфт – только за счет свойств самой передачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета механических потерь в зацеплении прецессионной передачи со сферическими зубьями при наличии погрешностей монтажа / П. Н. Громыко [и др.] // Материалы технологии инструменты. – 2015. – №1. – С. 25–28.

2. **Громыко, П. Н.** Методика определения кинематической точности прецессионной передачи со сферическими зубьями при наличии погрешностей ее монтажа / П. Н. Громыко [и др.] // Вестник БарГУ. Серия: Технические науки. – 2015. – Вып. 3. – С. 28–34.

3. **Трусов, И. В.** Разработка прецессионного редуцирующего механизма с радиальными сферическими пальцами для привода ковшового элеватора зерносушильного комплекса / И. В. Трусов // Вестн. БРУ. – 2015. – № 1. – С. 62–71.

УДК 621.833.68

ПЛАНЕТАРНАЯ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМАЯ ПЕРЕДАЧА КАК ИТОГ РАЗВИТИЯ ЗУБЧАТОЙ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ КРИТЕРИЮ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ

А. М. ДАНЬКОВ, Е. О. ЧУКОВ, Е. Г. ЕРОФЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

От момента создания до наших дней передачи зацеплением, конкретно – зубчатые передачи, имели постоянное передаточное отношение, а для удовлетворения потребности во все возрастающих значениях передаточных отношений создавались новые виды передач. Даже беглый взгляд, брошенный на современную историю развития зубчатых передач, убеждает в актуальности все более настоятельно заявляющей о себе проблемы создания плавнорегулируемой зубчатой передачи. Уже известен ряд конструкций, так называемых, адаптивных зубчатых передач с цельными колесами, но представляется, что именно в планетарной плавнорегулируемой передаче с составными полисекторными зубчатыми колесами можно получить регулируемое в определенном заданном диапазоне передаточное отношение.

Передаточное отношение как функциональный критерий развития имеет отношение ко всему классу механических передач, преобразующих параметры вращательного движения. Его относительная значимость остается неизменной на протяжении всего времени их существования, а удовлетворение потребности в различных, но постоянных его значениях достигнута, как отмечалось выше, за счет создания различных видов передач с высокой преобразующей способностью и компоновки многоступенчатых агрегатов из передач со средними значениями передаточного отношения, но наиболее удовлетворительными значениями КПД. Достигнута также возможность его ступенчатого изменения, например, в коробках перемены передач, в лучших конструкциях которых плавность регулирования передаточного отношения фактически подменяется скоростью переключения передач. Практически единственным способом улучшения зубчатой передачи по этому критерию, т. е. придание передаточному отношению значений, плавно изменяющихся во времени, является плавное же изменение геометрических размеров элементов передачи в процессе ее функционирования. В передачах с цельными зубчатыми колесами это не может быть достигнуто, а в передачах с составными полисекторными зубчатыми колесами обеспечивается радиальным перемещением образующих зубчатые венцы секторов.

Структура и развитие планетарной плавнорегулируемой передачи, как и любого технического объекта, подчиняются определенным законам, в

УДК 338.22.021.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. А. БОРОДИЧ, В. В. БОЙЧУК, Д. И. ТРЕТЬЯКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Управление запасами – важная часть общей политики управления оборотными средствами предприятия. Для решения задачи установления оптимального соотношения между затратами на запасы и уровнем удовлетворения потребности в них была разработана совокупность экономико-математических методов, в том числе метод динамического программирования.

Он состоит в том, что оптимальное управление строится постепенно, шаг за шагом. Оптимальное управление обладает таким свойством, что каково бы ни было начальное состояние на любом шаге и управление, выбранное на этом шаге, последующие управления должны выбираться оптимальными относительно состояния, к которому придет система в конце данного шага.

Введем следующие обозначения: N – число календарных этапов из которых состоит плановый период. При этом каждый j-й этап (j = 1,N) характеризуется параметрами: y_{j-1} – запас, оставшийся после окончания j-1-го этапа; x_j – объем производства предприятия на j-м этапе; d_j – величина спроса на продукцию предприятия на j-м этапе; x_{max} – максимальный объем производства на одном этапе; y_{max} – максимальный объем запасов на одном этапе; $C_j(x_j,y_{j-1})$ – затраты на j-м этапе функционирования, связанные с выпуском xj и хранением yj-1 запасов.

Тогда критерий оптимизации имеет вид:

$$F = \sum_{j=1}^{N} C_j(x_j, y_{j-1}) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Введём функцию:

$$f_j(y_j) = \min \sum C_j(x_j,y_{j-1}). \quad (2)$$

Функциональное уравнение Беллмана для такой задачи:

$$f_j(y_n) = \min(f_j(y_{j-1}) + C_j(x_j,y_{j-1})), \quad (3)$$

$$C_j(x_j,y_{j-1}) = c_j(x_j) + h*y_{j-1}, \quad (4)$$

где $c_j(x_j)$ – затраты на производство продукции на j-ом этапе в x_j объеме;

статочного уровня экономического развития, позволяющего обеспечить необходимое финансирование инновационной системы [3].

В данном случае речь идет о воспроизводстве инновационного фактора, обеспечение которого возможно только при формировании «общества знаний». С построением «общества знаний» будут доминировать не единичные инновации, а конвейер редукции научных знаний [4].

Но чтобы это произошло, необходимо в рамках реализации национальной инновационной политики осуществлять дальнейшее совершенствование законодательной базы. В современных условиях право должно выполнять инновационную функцию, суть которой может быть обозначена следующим образом: правовые предписания должны способствовать созданию и внедрению инноваций, стимулировать физических и юридических лиц, осуществляющих инновационную деятельность, защищать интересы инноваторов [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Крупский, Д. М.** Инновационное развитие Республики Беларусь : итоги, проблемы и перспективы / Д. М. Крупский // Экон. бюл. М-ва экон. Респ. Беларусь. – 2015. – № 11. – С. 4–7.

2. **Ванкевич, Е. В.** Инновационное развитие Беларуси – размышления о выборе пути построения экономических знаний / Е. В. Ванкевич // Белор. экон. журн. – 2015. – № 1. – С. 147–149.

3. **Полонник, С. С.** Проблемы формирования национальной инновационной системы Беларуси и пути их решения / С. С. Полонник, Л. М. Крюков, В. Ф. Иванов // Экон. бюл. М-ва экон. Респ. Беларусь. – 2006. – № 9. – С. 6.

4. **Лемешевский, И. М.** Национальная экономика Беларуси : основы стратегии развития. Курс лекций для студентов экономических специальностей вузов / И. М. Лемешевский. – Минск : ФУАинформ», 2012. – С. 451–452.

5. **Степененко, Д. М.** Инновационная функция права : понятие и основные характеристики / Д. М. Степененко // Евразийский юридический журн. – 2011. – № 8. – С. 68–73.

частности, закону прогрессивной эволюции техники, в силу которого происходит переход от предшествующего поколения зубчатых передач к следующему, улучшенному по нашему мнению, поколению, основу которого и составляют составные полисекторные зубчатые колеса.

Таким образом, планетарная плавнорегулируемая передача представляет собой не порождение праздного воображения, а закономерный итог развития зубчатых передач. В силу неукоснительно действующих законов сохранения, улучшение характеристик технического объекта по критерию развития достигается за счет ухудшения его характеристик по другим функциональным характеристикам. Применительно к планетарной плавнорегулируемой передаче это проявляется в возрастании погрешности угла поворота ведомого вала при равномерном вращении ведущего, что является приемлемой, по нашему мнению, и поддающейся компенсации (достигнутое качество которой с течением времени будет только возрастать) платой за сообщение передаче уникальных возможностей.

Оригинальность конструкции планетарной плавнорегулируемой передачи делает актуальной постановку вопроса о ее свойствах как элемента кинематической цепи, представляющей собой связанную систему объектов. Звенья кинематической цепи связываются посредством кинематических пар, а агрегаты – посредством муфт для соединения валов. Для всех механических передач проблема встраивания в кинематическую цепь решается просто благодаря наличию входного и выходного валов. Выходным же элементом планетарной плавнорегулируемой передачи, представляющей собой разновидность передачи KHV, является сателлит, установленный на кривошипе переменного радиуса, поэтому используемый в передачах KHV для связи с окружающей средой механизм параллельных кривошипов не может быть использован. Возникшая коллизия разрешается в результате оснащения планетарной плавнорегулируемой передачи выходным валом и устройством, тем или иным способом связывающим сателлит с этим валом. В первом приближении можно наметить четыре способа организации этой связи: использование вспомогательной планетарной передачи; использование муфты Шмидта – в этом случае сопряжение полумуфты с выходным валом необходимо выполнить в виде муфты обгона, чтобы момент сопротивления на выходном валу, значительно превосходящий движущий момент ведущего вала, не препятствовал вращению последнего (тогда выходному валу будет сообщаться собственное вращение сателлита, направленное противоположно вращению ведущего вала); «растормаживание» центрального зубчатого колеса и использование вспомогательной зубчатой передачи, аналогичной упомянутой в первом способе, для обеспечения кинематической связи между сателлитом и центральным зубчатым колесом; использование муфты Шмидта для обеспечения кинематической связи «расторможенного» центрального зубчатого колеса с сателлитом.

УДК 621.833

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КИНЕМАТИЧЕКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Р. А. КАЛЕНТИОНОК, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время прецессионные передачи уже нашли свое применение во многих приводах машин и механизмов. Они применяются в ручных и электрических лебедках, транспортерах и подъемниках и т. д. Эксплуатационные показатели этих передач находятся на достаточно высоком уровне.

Уровень разработки прецессионных передач в настоящее время также достаточно высок. Исследована геометрия зацепления, контакт зубьев, КПД. Решены также основные технологические проблемы, связанные с обработкой зубьев сателлита.

На данном этапе исследований не окончательно решена задача оценки кинематической погрешности и ряд сопутствующих вопросов, таких как нормирование точности.

Оценка кинематической погрешности традиционных зубчатых передач, таких как эвольвентная передача, не является проблемой. Данная оценка выполняется на основе определенных методик, в которых предполагается, что геометрия зацепления колес зубчатой передачи известна.

Достаточно хорошо изучена геометрия эвольвентной передачи, которая обладает свойством сохранения передаточного отношения при изменении межосевого расстояния в определенных пределах. Это свойство является следствием того, чтовектор единичной нормали к эвольвенте, как к геометрической кривой, создает постоянный момент относительно оси вращения эвольвентного зубчатого колеса.

В общем случае момент вектора единичной нормали к поверхности зуба колеса не является константой, но в зубчатой передаче отношение этого момента к аналогичному моменту на другом колесе, может являться константой. Это отношение равно мгновенному передаточному отношению однопарного зацепления указанных зубчатых колес передачи.

Используя эту закономерность, можно определять кинематическую погрешность зубчатой передачи, основываясь лишь на геометрии рабочей поверхности зуба одного колеса и относительном положении осей вращения колес этой передачи.

УДК 332.1+346.7

АКТИВИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Г. Н. БЛАЖЕВИЧ, Н. С. ЖЕЛТОК, *М. М. ПЛАКСИНА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
*Могилевский ф-л Частного учреждения образования
«БИП – Институт правоведения»
Могилев, Беларусь

Активизация инновационной деятельности Республики Беларусь является важнейшей предпосылкой не только экономического и технологического развития, но и других сфер жизнедеятельности общества. В этих целях в Республике Беларусь были приняты две государственные программы инновационного развития на 2007–2010 гг. и 2011–2015 гг., реализация которых оказала положительное влияние на процессы инновационного развития национальной экономики. Совершенствование государственной поддержки инновационной деятельности сопровождалось наработкой соответствующих правовых документов, регулирующих научно-техническую и инновационную деятельность.

Такой подход позволил обеспечить освоение и выпуск новой продукции по 305 заданиям государственной научно-технической программы, ввести в эксплуатацию 985 объектов, в т. ч. создать 131 новое предприятие; организовать 352 новых производств на действующих предприятиях; модернизировать 502 производств. Однако следует отметить, что принятые меры по стимулированию инновационной деятельности не оказали существенного влияния на инновационное развитие страны. Среди причин – недостаток ресурсного обеспечения и кадрового потенциала [1].

Поэтому на этапе сегодняшнего дня назрела необходимость [2]:

– совершенствования системы государственного управления экономикой;

– активизации построения национальной инновационной системы;

– изменения менеджмента организаций;

– укрепления кадрового потенциала национальной инновационной системы.

Эти системообразующие факторы могут действовать эффективно лишь при наличии: технологического и интеллектуального потенциала, достаточного для запуска инновационного процесса; постоянного роста числа участников инновационных сетей, в т. ч. в результате вовлечения в них новых социальных групп; институциональной системы, ориентированной на инновационное развитие; востребованности инноваций большинством хозяйствующих субъектов, физических лиц, НИС в целом; до-

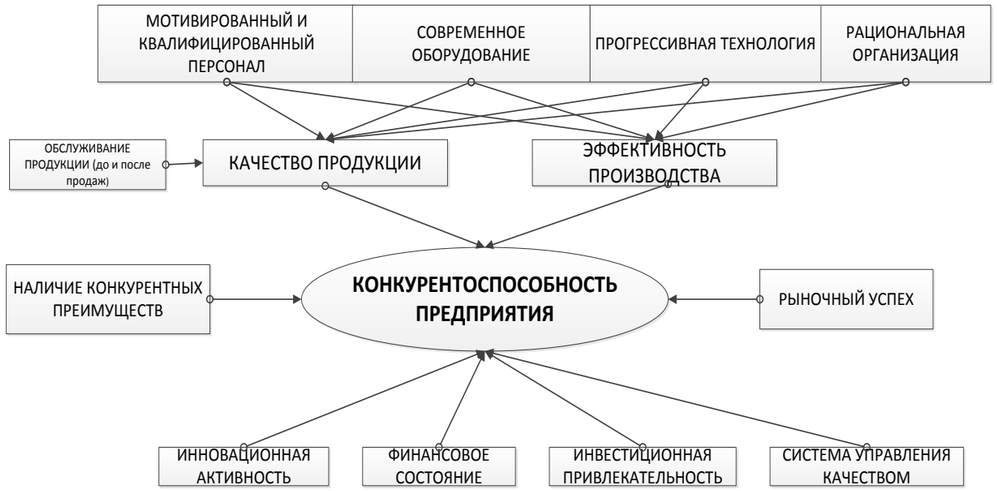


Рис. 2. Факторы конкурентоспособности предприятия

В табл. 2 показано распределение ответственности за состояние факторов конкурентоспособности предприятия между службами управления его деятельностью.

Табл. 2. Ответственность за факторы конкурентоспособности

Факторы	Ответственность
качество продукции	Все подразделения и работники предприятия
наличие конкурентных преимуществ	Отделы и подразделения в соответствии с их специализацией компетенцией.
система управления качеством	Администрация предприятия и служба контроля качества
эффективность производства	Все подразделения и работники предприятия
инвестиционная привлекательность	Администрация предприятия и финансовая служба
инновационная активность	Все подразделения и работники предприятия
финансовое состояние	Администрация предприятия и финансовая служба
рыночный успех	Все подразделения и работники предприятия

Применительно к факторам конкурентоспособности предусматривается следующий алгоритм работы:

– мониторинг состояния и изменения факторов;

– оценка механизма воздействия фактора на соответствующие аспекты конкурентоспособности;

– разработка мероприятий по целесообразным изменениям в состоянии фактора или соответствующей деятельности предприятия для адаптации к фактору.

УДК 621.91.002

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА РАВНОТОЧНЫХ ДОПУСКОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МАШИН

О. А. МЕДВЕДЕВ, М. А. ОЛЕХНИК
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Расчеты угловых размерных цепей пока не находят широкого применения в практике проектирования машин и техпроцессов, несмотря на то, что во многих случаях они имеют приоритетное значение для обеспечения качества изделий, и на то, что основные положения теории линейных размерных цепей приемлемы и для них. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов.

По аналогии с линейными размерными цепями для распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья угловых цепей, при их полной взаимозаменяемости, целесообразно использовать способ равноточных допусков (допуски всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности) и допуск на составляющий угловой размер следует определять с учетом длин его границ, аналогично тому, как допуски на составляющие звенья линейных цепей определяют с учетом их номиналов.

Системы допусков углов и допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения регламентируется разными стандартами (ГОСТ 8908-81и ГОСТ 24643-81 соответственно). Но они построены по единым принципам, имеют одинаковые степени точности, интервалы длин, и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катетов, противолежащих им). Это позволяет разработать единую математическую модель для определения степени точности угловых составляющих звеньев цепей в виде углов, отклонений от перпендикулярности и параллельности, торцевого биения и наклона, в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ звеньев и параметров систем стандартных угловых допусков.

С учетом принципов построения системы угловых допусков, любое значение стандартного допуска можно выразить формулой

$$AT_i = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{m-1}, \quad (1)$$

где: AT_1=0,4 мкм – исходный допуск для первой степени точности и первого интервала длин; $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1{,}6$ – коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются допуски разных степеней точности

в пределах одного интервала длин их границ; $\lambda = \sqrt[10]{10} \approx 1{,}25$ – коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются допуски в разных интервалах длин их границ в пределах одной степени точности; n – номер степени точности допуска; m – номер интервала для длины меньшей стороны нормируемого угла.

Верхние границы интервалов длин в системах стандартных угловых допусков сами являются членами геометрической прогрессии с коэффициентом $\varepsilon = \sqrt[5]{10} \approx 1{,}6$ и могут определяться по формуле

$$L_i = L_1 \cdot \varepsilon^{m-1}, \qquad (2)$$

где L_1 =10мм – верхняя граница первого интервала длин.

Логарифмируя уравнение (2) найдем выражение для *m-1* и после его подстановки в (1) получим

$$AT_i = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{-\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon} \cdot \left(\lambda^{1/\ln \varepsilon}\right)^{\ln L_i}}. \qquad (3)$$

Приведя допуски всех звеньев угловой цепи к единой базовой длине 1мм (поделив допуски на длины меньших сторон звеньев), при условии полной взаимозаменяемости составляющих звеньев, используя формулу (3), получим соотношение допусков замыкающего звена и составляющих звеньев

$$\frac{AT_\Delta}{L_\Delta} = \sum_{i=1}^{k} \frac{AT_i}{L_i} = \sum_{i=1}^{k} \frac{AT_1 \cdot \varphi^{n_i-1} \cdot \lambda^{-\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon} \cdot \left(\lambda^{1/\ln \varepsilon}\right)^{\ln L_i}}}{L_i}, \qquad (4)$$

где: AT_Δ – заданный допуск замыкающего звена, мкм; L_Δ – меньшая сторона замыкающего звена, мм; i – номер составляющего углового звена; k – число составляющих звеньев; L_i – верхняя граница интервала длин, в который попадает меньшая сторона i-го звена, мм.

При условии, что n_j одинаково для всех составляющих звеньев, после алгебраических преобразований, логарифмирования и подстановки в выражение (4) значений φ, AT_1, L_1, ε получим уравнение для определения номера степени точности составляющих звеньев

$$n = 2{,}18 \cdot \left(\ln \frac{7{,}46 \cdot AT_\Delta}{L_\Delta} - \ln \sum_{i=1}^{k} \frac{1{,}6^{\ln L_i}}{L_i} \right) + 1. \qquad (5)$$

Рассчитанное по уравнению (5) значение n следует округлять до ближайшего меньшего целого значения степени точности и принимать соответствующие ей допуски составляющих угловых звеньев по ГОСТ 8908-81 или ГОСТ 24643-81. Выражение, полученное для определения степени точности составляющих угловых звеньев, имеет достаточно компактный вид и вполне пригодно для практических расчетов при анализе точности конструкций машин и технологических процессов. Его использование в инженерной практике будет способствовать повышению качества конструкторской и технологической подготовки машиностроительного производства.

УДК 658.1(075)

ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

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

Условия конкурентоспособности предприятия: это доступ к ресурсам и их качество, наличие резервов и др. Характеристика перечисленных условий конкурентоспособности приведена в табл. 1.

Табл. 1. Основные условия конкурентоспособности предприятия

Конкуренция	Вынуждает повышать качество и снижать издержки изготовления продукции, что положительно влияет на конкурентоспособность
Доступ к ресурсам и их качество	Предпосылки выпуска качественной продукции в достаточном количестве
Наличие резервов	Позволяет гибко реагировать на изменение спроса на продукцию предприятия и обеспечивает наращивание выпуска при увеличении спроса и принятия своевременных мер повышения качества и эффективности производства при падении спроса
Рыночная конъюнктура	Отражает динамику спроса на продукцию предприятия и ее влияние на финансовое состояние и следовательно изменение конкурентоспособности предприятия
Государственное регулирование	Создает разнонаправленные воздействия на работу предприятия. Так право ускоренной амортизации оборудования позволяет быстрее вводить современное оборудование и повышает конкурентоспособность предприятия. Высокие таможенные пошлины затрудняют ввоз современного оборудования и возможности повышения конкурентоспособности.
Форма собственности	Как правило на предприятиях частной собственности формируются более мощные стимулы высокой эффективности и модернизации производства и соответственно сохранения конкурентоспособности предприятия.

Следует отметить, что факторы и условия в ряде случаев совпадают. Так, предпосылками (условиями) конкурентоспособности выступают высокая квалификация персонала и наличие конкурентных преимуществ. Между тем, повышение квалификации и создание конкурентных преимуществ это факторы обеспечения конкурентоспособности.

Внутренние факторы конкурентоспособности предприятия представлены на рис.2: качество продукции, система управления качеством, эффективность производства, инвестиционная привлекательность, рыночный успех, инновационная активность, финансовое состояние, наличие конкурентных преимуществ.

счетам является чисто символической.

По срочным вкладам в большинстве стран Западной Европы размер процента зависит от сроков и величины депозитов. Например, в Великобритании существует классический депозитный счет, который включает обязательное заблаговременное (за 7 месяцев) уведомление клиента о снятии средств со счета. В Бельгии и Италии устанавливается минимальная сумма депозитов, на которую в зависимости от срока начисляются возрастающие проценты.

Особое положение занимают сберегательные вклады. Основное их отличие от депозитов состоит в невозможности совершения платежей с таких счетов. Сберегательные вклады изначально делаются с целью накопления или сохранения денежных сбережений.

Однако сегодня четкие границы между отдельными видами депозитов размываются, появляются счета, сочетающие характеристики счетов до востребования и срочных депозитов. Так, в США одной из таких форм счетов являются нау-счета (Negotiable order of withdrawal account) – это сберегательные счета, с которых могут осуществляться платежи посредством выписки приказов (чеков). Эти приказы оплачиваются как тратты сроком по предъявлению, но, поскольку по закону эти счета являются срочными, банк может отсрочить платеж до 30 дней. Совет управляющих ФРС установил на эти счета ограничения: нау-счета открываются только частным лицам и некоммерческим организациям, при этом правительственные структуры не вправе иметь нау-счета, но школьные округа, университетские организации штатов, муниципальные структуры по строительству жилья могут их открывать. Ставка по нау-счетам устанавливается обычно на уровне ставки по сберегательным счетам или несколько выше. Разновидностью нау-счетов выступают супер-нау-счета, которые не имеют ограничений на размер выплачиваемого по ним процента, а число тратт лимитировано шестью в течение месяца.

Таким образом, в борьбе за «деньги», «короткие и длинные», банки предлагают клиентам различные планы сбережений, что позволяет вкладчикам выбирать оптимальные варианты исходя из сумм и сроков временно свободных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О привлечении денежных средств во вклады (депозиты): Декрет Президента Респ. Беларусь, 11 нояб. 2015 г., № 7 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа : http://www.pravo.by. – Дата доступа : 22.12.15.

УДК 621.878.6

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОР-ВАРИАТОР РЕДУКТОРА

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

В ряде машин и механизмов требуется бесступенчатое регулирование скорости рабочего органа. На практике для этого применяются фрикционные вариаторы, которые имеют ряд недостатков – небольшие передаваемые мощности, возможность проскальзывания и буксования тел качения и связанный с ними повышенный износ рабочих тел. Проф. А. М. Даньковым разработана конструкция мотор-вариатор редуктора (рис. 1), который обеспечивает возможность плавного регулирования передаточного отношения [1] и использует принцип зацепления стальных зубчатых колес, что исключает указанные недостатки фрикционных вариаторов.

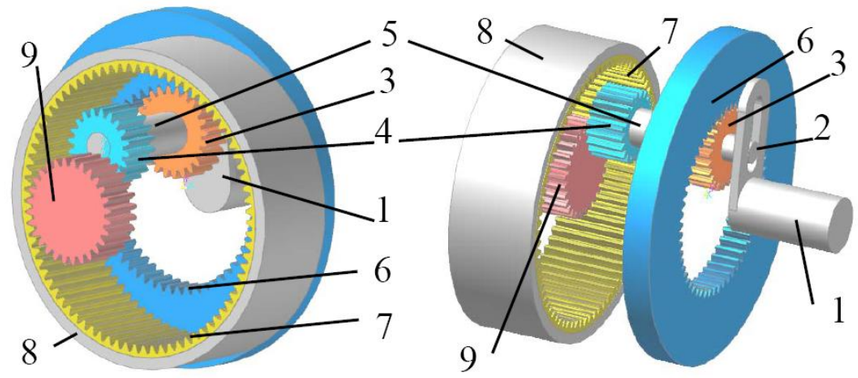


Рис. 1. Модель мотор-вариатор редуктора: 1 – ведущий вал; 2 – кривошип; 3 – первый сателлит; 4 – второй сателлит; 5 – втулка; 6 – опорное колесо; 7 – зубчатый венец; 8 – обойма; 9 – выходное колесо

Мотор-вариатор редуктор состоит из двух ступеней: первая ступень – планетарная плавнорегулируемая передача, обеспечивающая плавное изменение передаточного отношения; вторая ступень - предназначенная для съема вращения с сателлита первой ступени и обеспечения кинематической связи выходного звена планетарной плавнорегулируемой передачи (сателлита) с выходным валом мотор-вариатор редуктора.

Аналитическое исследование кинематических характеристик мотор-вариатор редуктора не позволило установить зависимости его передаточного отношения от чисел зубьев колес первой и второй ступеней,

поэтому исследование кинематики производилось методом компьютерного моделирования в программном приложении RecurDyn, предназначенном для кинематического и силового анализа технических систем.

Анализ производился в следующей последовательности. Был создан ряд объемных моделей мотор-вариатор редуктора, при различных числах зубьев зубчатых колес первой и второй ступеней, при которых исследуемый механизм должен обеспечивать редукцию и мультипликацию вращения. На элементы в данных моделях были наложены ограничения в виде кинематических связей элементов (неподвижные связи, шарниры, зацепления зубчатых колес). Далее, для мотор-вариатор редуктора задавались граничные условия (к входному валу прикладывалась угловая скорость, а к выходному – вращающий момент) и производился расчет механизма в программном приложении RecurDyn.

Результатами расчета являются кинематические зависимости угловых скоростей каждого элемента механизма.

Для определения возможного для реализации на практике передаточного отношения мотор-вариатор редуктора исследовалось влияние на него чисел зубьев каждого зубчатого колеса. Для этого для каждого зубчатого колеса была построена зависимость передаточного отношения от числа его зубьев при фиксированных значениях чисел зубьев остальных колес.

Данные зависимости показали, что на практике можно реализовать для первой ступени (планетарной плавнорегулируемой передачи) передаточное отношение от 3 (редукция) до 0,43 (мультипликация), а для второй ступени – передаточное отношение от 5,83 (редукция) до 0,7 (мультипликация). Таким образом, выявлено, что на практике мотор-вариатор редуктор может обеспечить плавное регулирование передаточного отношения в диапазоне от 17,5 (редукция) до 0,3 (мультипликация).

Кроме этого было обнаружено, что при определенных соотношениях чисел зубьев зубчатых колес вспомогательной ступени нарушается их кинематическая связь. Проведенный анализ, возможности выхода из зацепления зубчатых колес вспомогательной ступени, позволил установить ограничения на соотношение чисел зубьев данных зубчатых колес.

В результате исследования кинематических характеристик мотор-вариатор редуктора были разработаны рекомендации по выбору чисел зубьев мотор-вариатор редуктора, при которых он реализует требуемый диапазон изменения передаточного отношения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Даньков, А. М.** Балансировка деталей планетарной плавнорегулируемой передачи / А. М. Даньков, А. З. Иоффе // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2011. – № 2. – С. 3–8.

УДК 336.71

ЗАРУБЕЖНАЯ ПРАКТИКА ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ В ДЕПОЗИТЫ

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

В связи с существенными изменениями на депозитном рынке, внесенными Декретом Президента Республики Беларусь № 7 от 11.11.15 г., на наш взгляд, интересен зарубежный опыт по привлечению денежных средств населения во вклады [1].

В развитых странах в законодательном порядке регламентируются наиболее общие условия депонирования средств. В Германии законодательно определен срок уведомления об изъятии средств индивидуальными вкладчиками со сберегательных счетов. В Великобритании банковскому учреждению необходимо получить от Банка Англии лицензию, разрешающую привлекать депозиты.

Привлеченные средства являются основой деятельности, ресурсами, и банки жестко конкурируют между собой на рынках денег и капитала.

Депозитные операции сопровождаются оказанием широкого спектра дополнительных услуг, фактически означающего комплексное обслуживание клиента (мелким вкладчикам предлагается управление финансовыми активами, ведение коммунальных счетов, расчетов по потребительскому кредиту и т. д., крупным клиентам – услуги по лизинговым и факторинговым операциям, консультации по вопросам инвестиций, содействие в эмиссии акций и т. д.).

Зарубежные банки для привлечения клиентов предоставляют широкий выбор счетов в США: чековые; денежного рынка; срочные депозитные сертификаты; супер-нау; карточные счета банкоматов; сейфовые депозитные боксы; защищенные кредитные карточки; прямые депозиты; телеграфный перевод; с курьерским обслуживанием; сберегательные; индивидуальные пенсионные счета; счета поверенных/трастовые счета клиентов; управление наличными; ночное хранилище; телефонные переводы; накопительные; торговые счета и др.

В разных странах имеются свои особенности депозитных операций.

В большинстве стран банки не выплачивают проценты по текущим вкладам (текущим счетам), но предоставляют их владельцам множество услуг. Некоторые страны Западной Европы (Италия, Великобритания, Испания) платят по текущим счетам достаточно высокие проценты, которые различаются в зависимости от типа учреждения и категории клиентов. Есть страны (Германия, Нидерланды, Бельгия), где плата по текущим

(ИР) с более широкими технологическими возможностями (облегчение конструкций, совмещение в одном механизме транспортных и технологических операций, гибкость конструкций и т.д.). Вместе с тем такие механизмы обладают более сложной кинематической схемой, что требует более развитых алгоритмов управления и решения новых оптимизационных задач, обеспечивающих оптимальные траектории движений без заклиниваний.

В последовательной архитектуре SEMS стандартные модули соединяются последовательно друг с другом, т. е. нижняя платформа последующего модуля присоединяется к верхней платформе предыдущего модуля. Типичным примером системы такой архитектуры может быть опорно-поворотное устройство антенны космического радиотелескопа.

В параллельной архитектуре SEMS стандартные модули соединяются параллельно друг с другом, т. е. нижние платформы всех модулей присоединяются к одной опорной поверхности. Типичным примером системы такой архитектуры являются адаптивные поверхности главного зеркала и контррефлектора антенны радиотелескопа.

В архитектуре SEMS типа «звезда» последовательно соединенные стандартные модули подсоединяются к верхней и/или нижней платформе базового модуля обычно большего размера. Типичным примером системы такой архитектуры может быть адаптивный захват промышленного робота.

В архитектуре SEMS типа «кольцо» последовательно соединенные стандартные модули образуют кольцо путем соединения верхней платформы последнего модуля с нижней платформой первого. Типичным примером системы такой архитектуры может быть адаптивный захват промышленного робота.

В архитектурах типа «дерево» возможно в одной SEMS любое сочетание приведенных выше архитектур. При этом так же возможно использование любых типов универсальных модулей SEMS. Типичным примером системы такой архитектуры может быть медицинский микроробот, конструкция которого содержит корпус, состоящий из последовательного соединения стандартных модулей; движитель, который крепится к нижней платформе первого модуля корпуса и так же состоит из последовательного соединения стандартных модулей; адаптивные захваты, которые крепятся к верхней платформе последнего модуля корпуса и состоят из последовательного соединения модулей. Весла-упоры крепятся к верхним и/или нижним платформам промежуточных модулей корпуса и также состоят из последовательного соединения стандартных модулей.

УДК 629.3.083.4(047.31)

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАК СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДУЕМОГО ЭЛЕМЕНТА ЗУБЧАТОГО ПРИВОДА

А. Н. ПАРФИЕВИЧ, В. А. СОКОЛ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Анализ спектра акустического сигнала при его высокой насыщенности частотными составляющими элементов исследуемого привода [1, 2] значительно усложняется, что требует применения автоматизированных способов обработки полученной информации либо применения сопутствующих критериев, которые бы явно отображали его текущее состояние.

В качестве средства для проведения экспериментальных исследований коробки скоростей привода главного движения токарного станка SN-401 использовался аппаратно-программный комплекс для фиксации акустического сигнала с помощью микрофона с капсюлем M101 [3].

Для упрощения процедуры анализа характеристик разработана программа обработки результатов измерений - выявления амплитуд характерных частотных составляющих при работе зубчатого привода. На основе имеющихся шагов к формализации процесса применения диагностических признаков [1, 2], приведены оригинальные интегральные показатели:

– соотношение суммы амплитуд кратных зубцовых гармоник анализируемого колеса к амплитуде кратных зубцовых гармоник эталонного колеса K_z

$$K_z = \frac{\sum_{i=1}^{5} A(f_{zi})}{A(f_{zi})_{эт}};$$

– соотношение сумм амплитуд комбинированных частот анализируемого колеса к сумме амплитуд оборотных частот эталонного колеса $K_{бп}$

$$K_{бп} = \frac{\sum_{i=1}^{5} A(f_{zi} \pm nf_o)}{\sum_{i=1}^{5} A(f_o)_{эт}}.$$

Результаты, полученные при использовании серийных колес, приняты в качестве эталонных. На экспериментальной шестерни с Z = 43, находящейся на валу II, моделировался скол зуба (25 %, 50 % и 75 % части зуба, и без зуба) как наиболее распространенный дефект.

По результатам анализа величин предлагаемых интегральных показателей, можно сделать следующие выводы:

– изменение величины относительного коэффициента K_z по сравнению с показателем эталонного колеса, свидетельствует о наличии в акустическом сигнале относительно высокоамплитудных гармоник на частотах кратных зубцовой частоте исследуемой шестерни. Причиной такого распределения амплитуд являются погрешности зубчатого колеса, которые приводят чаще всего к изменению профиля исследуемого колеса (возникновению локальных дефектов: с ростом его развитости возникает более интенсивный рост амплитуд на данных частотах) [1, 2].

– изменение величины относительного коэффициента Кбп, по сравнению с показателями эталонного колеса, свидетельствует о более высоких амплитудах боковых комбинированных частот к амплитуде оборотной частоты эталонного колеса f_o. Данная особенность проявляется при отклонении от нормального состояния исследуемой шестерни вследствие износа рабочих поверхностей зубьев, что приводит в дальнейшем к возникновению погрешности профиля [1, 2].

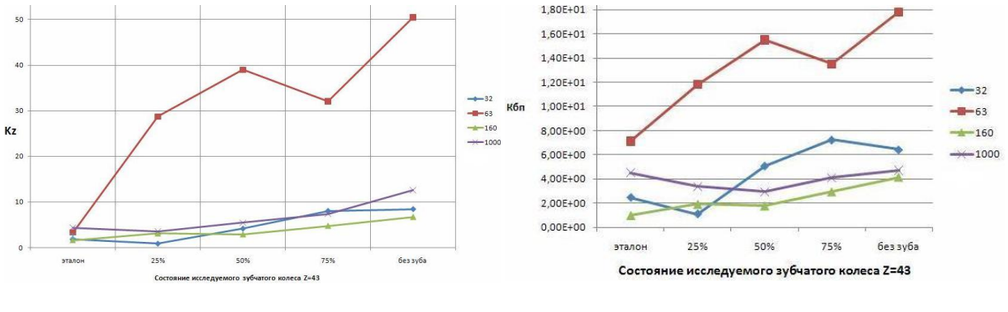


Рис. 1. Диаграммы изменения показателей K_z и $K_{бп1}$ для колеса Z = 43 на различных передачах и при различной степени развитости дефекта

Следовательно, рост величины относительных показателей K_z и $K_{бп}$ спектра восприимчив к изменению текущего состояния привода, а их анализ менее трудоёмок по сравнению с анализом спектра и более предпочтителен при применении в производственных условия на натурных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барков, А. В.** Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 159 с.

2. Anil Jacob and Dr. Y. I. Sharaf-Eldeen. Диагностирование зубчатой передачи с помощью нового метода контроля состояния роторного оборудования: Перевод с англ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.vibration.ru/d_zub_peredach.shtml.

3. **Драган, А. В.** Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А. В. Драган // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2006. – №4. – С. 17–26.

УДК 004.94

АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. И. ЯКИМОВ, А. С. СИДОРЕНКО, В. М. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Использование в интеллектуальных роботах (ИР) гексаподоподобных структур интеллектуальных электромеханических систем (SEMS) дает возможность получить максимальную точность исполнительных механизмов при минимальном времени перемещения за счет введения параллелизма в процессы измерения, вычисления и перемещения и использования высокоточных пьезодвигателей, способных работать в экстремальных условиях, в том числе в открытом космосе.

Современный стандартный модуль SEMS (рис. 1) имеет стержни 1, которые крепятся на крепежных площадках 2 платформ 3 с возможностью поворота в плоскостях, проходящих через точки крепления стержней и центры платформ перпендикулярно последним с помощью управляемых приводов 4. Стержни 1 могут изменять свою длину с помощью линейных управляемых приводов 5. Модуль дополнительно имеет стержни 6, которые крепятся на опорных площадках 7 платформ 3 с возможностью поворота в плоскостях опорных площадок 7 с помощью управляемых приводов 8 и направленные внутрь платформ. Стержни 6 могут изменять свою длину с помощью линейных управляемых приводов 9.

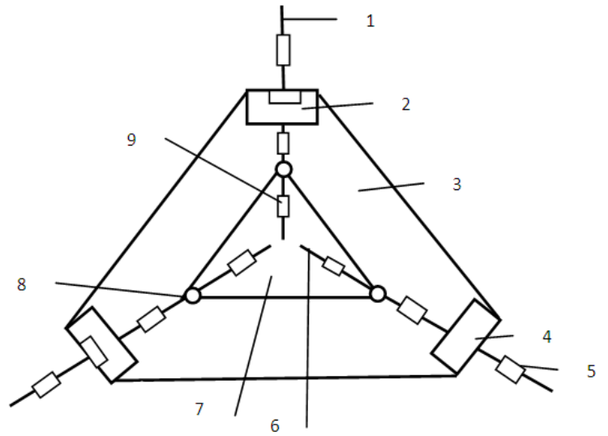


Рис. 1. Конструкция платформ модуля SM8 SEMS

Разнообразные объединения (последовательные, параллельные, древовидные и др.) структур SEMS позволяют легко конструировать новые

щие основные понятия: промышленное предприятие, бизнес-процесс, ERP-система, имитационное моделирование, система управления, программа, обработка информации. Поиск информации в интернете с помощью поисковой системы [2] проведен по понятиям: ERP, информационная система (рис. 1).

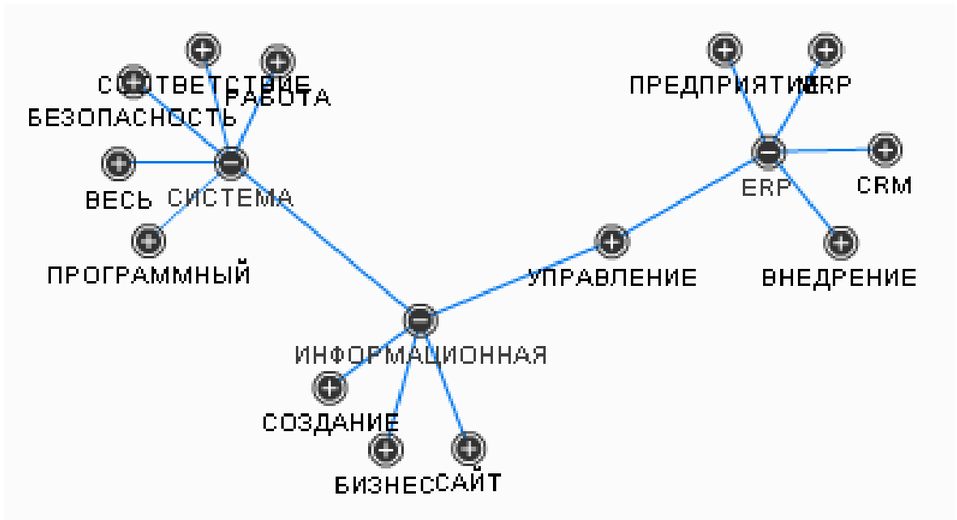


Рис. 1. Семантическое облако понятий ERP, информационная система

В результате поиска построено семантическое облако, включающее основные понятия, представленные виде иерархии с понятием «управление» на верхнем уровне. Дополнительно поисковая система предлагает новые понятия: MRP, CRM, соответствие, сайт, работа, безопасность. Полученная информация расширяет область поиска в интернете.

Поисковая система VisualWorld позволяет на основе введенного текста из предметной области сформировать самостоятельно реферат по основным понятиям предметной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров, В. В.** Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео / В. В. Александров, С. В. Кулешов, О. В. Цветков. – СПб. : Наука, 2008. – 244 с.

2. Интернет-сайт VisualWorld [Электронный ресурс] / 2015. – Режим доступа: http://www. visualworld.ru/. – Дата доступа : 14.11.15.

3 **Якимов, А. И.** Технология имитационного моделирования систем управления промышленных предприятий : монография / А. И. Якимов. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 304 с.

УДК 621.83.06

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МНОГОРЯДНЫХ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

И. С. САЗОНОВ, М. Е. ЛУСТЕНКОВ, В. Л. КОМАР, А. П. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Многорядное исполнение передачи с промежуточными телами качения (ППТК) с параллельным соединением рядов (секций) существенно повышает ее нагрузочную способность, хотя и кратно увеличивает осевые размеры. При работе в трубах и скважинах последнее обстоятельство не является существенным. При этом необходимо обеспечить равномерное распределение передаваемой мощности между рядами. В задачи проведенных исследований входило определение влияния взаимного расположения основных деталей различных рядов передачи на характер изменения вращающего момента на ведущем валу при постоянном значении момента на ведомом валу, т. е. на динамическую нагруженность деталей ППТК.

Рассматривалось несколько вариантов расположения деталей соседних рядов двухрядной передачи. Внутренние и наружные кулачки, образовывающие беговые дорожки, смещались друг относительно друга и относительно оси вращения в разных рядах механизма, также угловое смещение придавалось рядам пазов сепаратора. При оценке эффективности различных вариантов использовались три критерия: степень динамической нагруженности передачи, прочность деталей, технологичность их изготовления и сборки. Анализ проводился на основе разработанной модели кинематического силового взаимодействия деталей ППТК с помощью программы Mathcad. Амплитудные значения момента во всех рассмотренных вариантах снизились в среднем в два раза, а значит, в два раза уменьшился коэффициент динамичности.

Установлено, что при проектировании двухрядной ППТК целесообразно использовать вариант установки деталей, при котором внутренние кулачки повернуты относительно положения этих же кулачков первого ряда на 90°, наружные кулачки повернуты в обратном направлении на угол $\pi/(2Z_3)$, где Z_3 – число периодов беговых дорожек наружных кулачков. Сепаратор изготавливается с пазами с шахматным расположением в соседних рядах, что позволяет увеличить длину опасного сечения, расположенного между пазами в различных рядах и повысить прочность сепаратора. При этом динамические нагрузки на детали передачи снижаются пропорционально количеству рядов.

УДК 539.375

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО-РЕЛЬС»

Г. П. ТАРИКОВ, Е. М. АКУЛОВА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения подвижного состава по железным дорогам. От параметров этого взаимодействия и сопровождающих его явлений во многом зависят безопасность движения и основные технико-экономические показатели железнодорожного пути и подвижного состава.

При решении задачи о контакте колеса с рельсом необходимо определить форму и размеры площадки контакта, а также распределения нормальных контактных напряжений.

Предложен новый способ определения формы и размеров площадки контакта колеса с рельсом с помощью электрического моделирования. Рассмотрено электромоделирующее устройство для решения пространственных контактных задач теории упругости. В основу создания электромоделирующего устройства и разработки способа пространственных контактных задач с помощью этого устройства положена аналогия, существующая между интегральными уравнениями пространственных контактных задач и задач электростатики. При этом впервые для реализации этой аналогии было применено квазистационарное электрическое поле. При решении поставленных задач изготавливается токопроводящий элемент, который является аналогом площадки контакта. На токопроводящий элемент подаются электрические потенциалы в соответствие с перемещением соответствующих участков площадки контакта. С помощью зонда и измерительного комплекса измеряется плотность заряда в намеченных точках площадки контакта и затем, используя коэффициенты подобия, определяются контактные напряжения в соответствующих точках площадки контакта. Рассмотрены примеры определения площадок контакта при одноточечном и двухточечном контакте колеса с рельсом. На основании экспериментальных результатов построены эпюры контактных напряжений по различным площадкам контакта. Делается вывод о возможности применения электрического моделирования для решения рассматриваемых задач в инженерной практике. Результаты решения пространственной контактной задачи в системе «колесо-рельс» могут быть использованы при определении долговечности колеса и рельса.

УДК 004.94

ПОСТРОЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В ИНТЕРНЕТЕ

А. И. ЯКИМОВ, Е. А. ЗАЙЧЕНКО, Т. Л. ШЕБАН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Обеспечение единства информационного пространства страны и повсеместный доступ к культурным достижениям, формирование дистанционных сервисов и в медицине, и в образовании, и в торговле является важной государственной задачей. При этом интернет должен быть быстрый, хорошего качества и недорогой, в т. ч. в тех территориях, которые удалены от основных центров развития связи.

Цифровые программируемые технологии значительно опережают темпы традиционного образования. Развитие интернета приводит к потребности в новых специалистах – экспертах по навигации и логистике. Чтобы освободить человеческий мозг от навязываемой цивилизацией сложности, появляются новые гаджеты, инструменты, технологии и профессиональные компетенции, а также менеджеры по областям знаний, прокладывающие междисциплинарные пути в лабиринте развивающихся технологий. При этом широко ведется разработка систем с использованием коммуникационной архитектуры программного обеспечения, появляются новые образовательные технологии: e-learning.

В учебном процессе рассматривают два уровня мыслительного процесса – ассоциативно-образный, как иерархическая вложенность, и вербальный (причинно-следственный) [1]. Симбиоз ассоциативных структур, синтезирующих входной поток данных в соответствии с процессами «включения», «объединения» и «кластеризации», а также причинно-следственных отношений, порождает итерационную процедуру принятия решений (идентификации и распознавания). Метод построения рекурсивно-древовидных структур, несущих ассоциативную идентификацию, позволяет реализовать функции индукции (поиск по уровням иерархии – «стволу дерева») и дедукции (поиск на сетевом уровне «от листа к листу»). Программная реализация этого подхода лежит в основе адаптивной динамической структуризации, представленной в программно-поисковом сервисе [2]. При обработке текстов строится понятийная иерархия как совокупность упорядоченной последовательности слов. Здесь адаптация связана с выбором и установлением понятийных отношений, глубины иерархии и ассоциативных связей.

Пусть предметная область поиска – имитационное моделирование систем управления промышленных предприятий [3], включающая следую-

Гексапод или платформа Гью-Стюарта - это разновидность параллельного манипулятора, в которой используется октаэдральная компоновка стоек [1]. Платформа имеет шесть степеней свободы (три поступательных и три вращательных). Модуль имеет (рис. 2) нижнюю платформу, верхнюю платформу и шесть ног – актуаторов. Нижняя и верхняя платформы каждая содержат опорную площадку (ОП), не менее трех стержней, прикрепленных одним концом с ОП, а другим – к крепежным площадкам.

Рис. 2. Стандартный модуль SEMS (гексапод SM2 SEMS)

ЭМС содержит подвижную и неподвижную платформы и, как правило, шесть ног. Отличие тех или иных SM SEMS друг от друга в основном заключается в конструкции платформ. Основной функцией САУ является автоматическое управление перемещением верхней платформы, имеющей, как правило, шестиосевую систему позиционирования с блоком управления. ИС содержит, как правило, оптико-электронные датчики удлинений и перемещений, тактильные датчики и датчики усилий. СС, как правило, содержит систему технического зрения с интеллектуальными блоками распознавания.

Основные модули SM SEMS: гексапод – модуль SM2 SEMS, трипод – модуль SM1 SEMS, (см. рис. 2). Модуль SM3 SEMS имеет стержни, которые крепятся на крепежных площадках платформ с возможностью поворота в плоскостях, проходящих через точки крепления стержней. SM4 SEMS имеет стержни, направленные внутрь платформ и закрепленные на опорных площадках с возможностью поворота с помощью управляемых приводов. Модуль SM5 SEMS, в отличие от гексапода SM2 SEMS, в стержнях имеет электроприводы, которые позволяют изменять их длину, т. е. делает их управляемыми стержнями. В отличие от модуля SM5 SEMS модуль SM6 SEMS имеет стержни, которые крепятся на крепежных площадках с возможностью поворота в плоскостях, проходящих через точки крепления стержней и центры платформ с помощью управляемых приводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Merlet, J. P.** Parallel Robots / **J. P. Merlet** : Second Edition. - Inria, Sophia-Antipolis, France: Springer Publ., 2006. - 383 p.

УДК 621.74.047

ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫЙ ЧУГУН ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТРЕНИЯ

В. Ф. БЕВЗА, В. П. ГРУША
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Одним из основных критериев при выборе полых цилиндрических заготовок из чугуна для деталей, работающих в условиях трения и ограниченной смазки, является наличие перлитной или перлито-ферритной металлической матрицы с твердостью 86–100 HRB.

Задача заключалась в выборе экономнолегированого чугуна, обеспечивающего при высокой скорости затвердевания ($\upsilon_{ср}$ = 0,9–1,1 мм/с) методом намораживания получение заданной структуры отливок.

Механические свойства чугуна и его структура зависят от целого ряда факторов. Наибольшее влияние на прочность чугуна оказывает объемная доля дендритов и их фазовый состав. Фактором, упрочняющим чугун, служит повышенное количество первичного аустенита, дендриты которого создают жесткий каркас и повышаю т сопротивляемость чугуна разрушению в зависимости от их размера, количества и прочности. В [1] отмечается, что удельное разупрочняющее действие феррита в дендритных ветвях в 15–25 раз сильнее, чем у феррита в эвтектике.

При выборе состава чугуна кроме условий его затвердевания необходимо также учитывать, что все легирующие элементы подвержены микроликвации в процессе первичной кристаллизации, т. е. дендриты первичного аустенита и эвтектический аустенит имеют разный химический состав. Эти различия, определяемые коэффициентами эффективного распределения элементов, могут усиливаться при увеличении объемной доли дендритов [2]. Причем, снижение эвтектичности чугуна, независимо от того, достигнуто оно изменением степени переохлаждения или уменьшением концентрации Si или C, приводит к увеличению в эвтектической жидкости концентрации Cr и Mn при одновременном уменьшении концентрации Si, способствуя возникновению отбела [1]. Повышенная скорость охлаждения усиливает тенденцию ликвационного размежевания легирующих элементов между дендритами и эвтектикой.

Таким образом элементы Cr, Mn, V увеличивают склонность чугуна к отбелу. Понижение степени эвтектичности (Sэ) чугуна за счет снижения содержания C и Si, при относительно высоких концентрациях Mn и Cr, также увеличивает отбел. Повышение концентрации Si для снижения отбела может привести к ферритизации дендритных ветвей.

Для проведения исследований были выбраны на основе анализа низколегированные чугуны доэвтектического состава (табл. 1).

Табл. 1. Химический состав и твердость заготовок

№ об-разца	Содержание элементов, %							Степень эвт. $S_э$	Твердость (6 изм.), HRB		
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P		Сред	max	min
1	3,24	1,55	0,74	0,15	0,11	0,30	0,17	0,87	98	103	95
2	3,27	2,27	0,71	0,13	0,33	0,41	-	0,94	91	94	89,5
3	3,45	2,22	0,61	0,10	0,11	0,13	0,10	0,97	87	88	87
4	3,30	2,10	0,69	0,08	0,20	0,15	-	0,93	8890	89-93	86-87
5	3,33	2,05	0,73	0,11	0,20	0,20	0,16	0,93	94	95	93
6	3,28	2,10	0,85	0,06	0,10	0,23	0,10	0,926	98	98	97
7	3,30	2,09	0,65	0,12	0,22	0,16	-	0,93	90	90	90

Исследования показали, что при литье методом намораживания из чугуна со степенью эвтектичности $S_э$ = 0,97 твердость отливок находится на нижнем предельно допустимом уровне (табл. 1, поз. 3). Это связано с повышенным содержанием феррита (>50 %). Известно, что возможность стабилизации перлита в элементах первичной структуры можно реализовать при снижении в сплаве общего содержания Mn, Cr и Si [1]. Термодинамически такой чугун приобретает малую склонность к отбелу, что позволяет путем уменьшения в нем содержания C и Si добиваться увеличения прочностных свойств. Однако уменьшение степени эвтектичности за счет снижения Si и C при суммарном количестве Mn+Cr = 0,9 % приводит к увеличению твердости чугуна (табл. 1, поз.1).

На основе проведенных исследований и анализа литературы было установлено, что такие элементы как Cr и Mn, обогащая преимущественно эвтектику, способствуют образованию отбела. Повышение содержания Si для снижения отбела может привести к дестабилизации перлитной структуры в дендритных ветвях. Понижение степени эвтектичности чугуна за счет снижения содержания C и Si, при относительно высоких концентрациях Mn и Cr, приводит к повышению вероятности возникновения отбела.

Установлено, что чугун со степенью эвтектичности $S_э$ = 0,93–0,94 (при концентрации Si = 2,0–2,2 %; Cu и Ni около 0,2 % каждого) и суммарном содержании Mn+Cr = 0,77–0,84 % (табл. 1, поз. 3–5;7), стабильно обеспечивает заданную твердость при литье направленным затвердеванием. При этом структура металлической матрицы содержит 85–95 % перлита и 5–15 % феррита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ильинский, В. А.** Взаимосвязь состава, структуры и свойств серого чугуна / В. А. Ильинский // Литейное производство. – 1986. – № 10. – С. 3–4.

2. **Бунин, К. П.** Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М. : Металлургия. – 1969. – 416 с.

УДК 004.94

СТАНДАРТНЫЕ МОДУЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. И. ЯКИМОВ, Н. В. ВЫГОВСКАЯ, Л. А. КОЗЛОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разнообразные структуры стандартных модулей умных электромеханических систем (SM SEMS) позволяют конструировать разнообразные системы с широкими технологическими возможностями. SEMS начали широко использовать в 2000 годах в параллельных роботах или так называемых параллельных кинематических машинах (ПКМ), представляющих очень хорошие возможности с точки зрения точности, жесткости и способности манипулировать большими нагрузками. В настоящее время SEMS широко используются не только в интеллектуальных роботах, но так же в астрономии, станкостроении, медицине и др. областях.

Основными элементами SEMS являются стандартные модули (SM), имеющие гексаподоподобные структуры, позволяющие получать максимальную точность исполнительных механизмов при минимальном времени перемещения за счет введения параллелизма в процессы измерения, вычисления, перемещения и использования высокоточных двигателей. Вместе с тем такие механизмы обладают более сложной кинематической схемой, что требует более развитых алгоритмов управления и решения новых, сложных оптимизационных задач, обеспечивающих реализацию оптимальных траектории движений без заклиниваний.

При построении SEMS различного назначения может быть использовано большое разнообразие различных стандартных модулей. Однако все они обычно содержат (рис.1) электромеханическую систему (ЭМС) 1 параллельного типа, систему автоматического управления (САУ) 2, измерительную систему (ИС) 3 и систему стыковки (СС) 4.

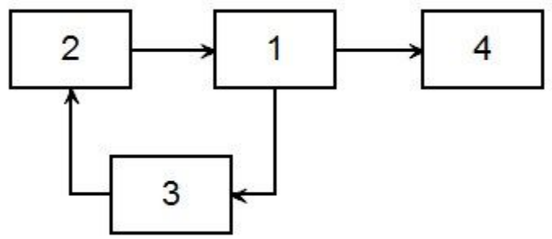


Рис. 1. Структурная схема стандартного модуля SEMS

вонепроницаемых соединений и представлены чертежи узлов взрывозащиты.

Если в маркировке взрывозащиты указан знак «X», в сертификате на оборудование и документации должны быть указаны условия применения, например:

– руководство, о необходимости обратиться к изготовителю для получения сведений о размерах взрывонепроницаемых соединений;

– указано особое условие, что взрывонепроницаемые соединения не подлежат ремонту;

– использование тепловой защиты.

Поверхности взрывонепроницаемых соединений могут иметь защитное покрытие против коррозии, при этом применяемая смазка не должна затвердевать вследствие старения, содержать испаряемые растворители. Покрытие поверхностей, образующих взрывонепроницаемые соединения, краской или покрытием из порошкового материала не допускается.

Способность оболочки выдерживать давление внутреннего взрыва подтверждается испытаниями на взрывоустойчивость – гидравлическими испытаниями определенного давления и времени воздействия (проводятся при сертификации и после ремонта). Результаты испытаний считают удовлетворительными, если отсутствуют остаточные деформации или повреждения оболочки, нарушающие вид взрывозащиты.

На электрические машины, предназначенные для работы с преобразователем, должна быть нанесена следующая дополнительная маркировка: «Питание через преобразователь»; диапазон оборотов или частотный диапазон, в котором машина должна работать; рабочие пределы крутящего момента; при необходимости, обозначение типа специального преобразователя. Это связано с особыми условиями эксплуатации, т. к. в валах и подшипниках электродвигателей, работающих с преобразователем, могут возникать паразитные токи, что способствует механическому повреждению подшипников и тепловому воспламенения внешней среды, а также образованию между валом и корпусом искр, способных вызвать воспламенение.

Требования к электрическим машинам с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка «d», получающим питание через преобразователи:

– применение подшипников, электрически изолированных от корпуса оборудования;

– обеспечением соответствующей непосредственной тепловой защиты, как правило, на обмотке статора, имеющей достаточный запас для определения избыточной температуры подшипников двигателя, крышек подшипников и расширений вала.

УДК 621.74.047

ЛИТЬЁ ЗАГОТОВОК МАЛОГО ДИАМЕТРА НАПРАВЛЕННЫМ ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ

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

Разработка эффективных технологий получения высококачественных заготовок из чугуна всегда была и остается актуальной задачей литейного производства. Известно, что использование принципа направленного затвердевания металла определяет получение, практически, бездефектных заготовок с плотной мелкодисперсной структурой, высокими физико-механическими свойствами и ресурсом работы деталей [1]. Этот принцип уже успешно применяется при литье полых цилиндрических заготовок из различных типов чугунов. Причем, технология, основанная на этом принципе, обеспечивает высокую производительность получения отливок (до 180 штук в час), так как процесс литья осуществляется в непрерывно-циклическом режиме. Однако, как и любой специальный вид литья, она имеет ограничения, а разработка технологии получения конкретных изделий всегда требует проведения определенного комплекса исследований.

В связи с этим, целью настоящей работы стало определение возможности использования принципа направленного затвердевания металла для получения полых заготовок диаметром ~40 мм из легированного аустенитного чугуна в непрерывно-циклическом режиме литья при формировании отливок в металлической водоохлаждаемой форме.

Одной из основных задач было определение условий стабильности процесса разливки, которая при литье заготовок малого диаметра нарушается в связи с перемерзанием металла в каналах литниковой системы.

В результате исследований установлена принципиальная возможность получения полых цилиндрических отливок диаметром около 40 мм методом направленного затвердевания без применения стержня в непрерывно-циклическом режиме литья. При этом необходимо выдерживать условие стабилизации в определенных пределах температуры расплава, подаваемого в кристаллизатор в течение всего процесса разливки, и соблюдения определенного отношения наружного диаметра (D) и толщины стенки отливки (ξ).

Стабилизация температуры расплава, подаваемого в кристаллизатор, была решена за счет применения операции порционных доливов в заливочный ковш (рис. 1). Что касается отношения ξ/D, то предварительные

эксперименты показали, что его следует выдерживать в пределах 0,15–0,3. При значениях ξ/D, выходящих за указанные пределы, осуществить стабильный процесс литья по принятой схеме, практически, невозможно. При этом ограничивающими параметрами являются сечение питателя, через которое расплав периодически подается из заливочного ковша через сифонную литниковую систему в кристаллизатор, а также время формирования отливки ($\tau_ф$), определяющее толщину стенки и прочность затвердевающей корки.

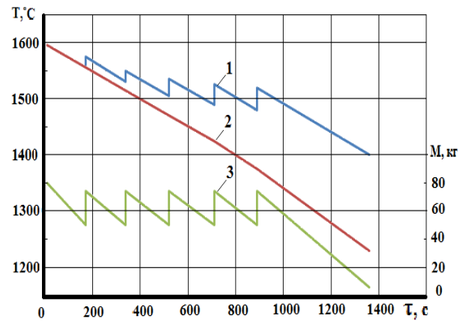


Рис. 1. Графики изменения температуры (1; 2) и массы расплава в заливочном ковше (3) в процессе разливки: 1; 3 – заливка с периодическим порционным доливом в заливочный ковш; 2 – заливка из одного ковша без долива

Разливка с применением порционных доливов обеспечивает действие графитизирующего модификатора в оптимальном температурно-временном интервале, так как модифицированию подвергается каждая порция доливаемого расплава, которая подается в разливочный ковш с заданной температурой и интервалом (в приведенном примере с периодом около 3-х мин).

Таким образом, разливка расплава с доливом в заливочный ковш, при получении полых заготовок из чугуна «нирезист» диаметром ~ 40 мм методом направленного затвердевания в непрерывно-циклическом режиме, обеспечивает стабильность процесса литья и существенно повышает эффективность графитизирующего модифицирования, что способствует получению заготовок без отбела.

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.

УДК 621.3

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ С ВИДОМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ «ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ОБОЛОЧКА»

Л. Г. ЧЕРНАЯ, П. Ф. НИКИТИН, В. Н. АБАБУРКО, *А. Е. САЗОНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)
Могилев, Минск, Беларусь

Для обеспечения требований технического регламента Таможенного союза ТС ТР 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» в Республике Беларусь с 01.03.2016 г. веден в действие взамен ГОСТ 30852.1-2002 межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60079-1-2013 Взрывоопасны среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d», который содержит полный аутентичный текст международного стандарта IEC 60079-1, включенного в международную систему сертификации МЭКЕх и европейскую систему сертификации на основе директивы 94/9 ЕС; его требования полностью отвечают потребностям стран СНГ. ГОСТ IEC 60079-1-2013 предназначен для нормативного обеспечения обязательной сертификации и испытаний, безопасной эксплуатации и ремонта оборудования.

Особенностью вида взрывозащиты, взрывонепроницаемая оболочка «d», является оболочка, которая выдерживает давление внутреннего взрыва взрывоопасной смеси без передачи воспламенения в окружающую взрывоопасную среду, окружающую оболочку.

Особое внимание необходимо уделять основным параметрами взрывозащиты, к которым относятся:

а) для плоских взрывонепроницаемых соединений:

– минимальная длина взрывонепроницаемого соединения, указанная в документации;

– максимальный зазор взрывонепроницаемого соединения, указанный в документации, меньше соответствующего максимального значения;

б) для резьбовых соединений:

– минимальное число полных непрерывных ниток резьбы взрывонепроницаемого соединения, указанное в документации;

– минимальный шаг резьбы;

– минимальная осевая длина резьбы.

В документации на оборудование (сертификатах, эксплуатационно-ремонтной документации) должны быть четко определены размеры взры-

минимальные размеры выбранного им для использования в уплотнении кабеля, учитывая допуски, равны установленным изготовителем значениям или превышают.

Уплотнение кабеля в кабельном вводе должно быть обеспечено одним из следующих способов:

– эластомерным уплотнительным кольцом;

– металлическим или составным уплотнительным кольцом;

– герметизирующим компаундом.

Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой кабельного ввода, должна быть не менее для электрооборудования: групп I и II – IP54; группы III с уровнями взрывозащиты Da, Db, Dc – IP6X; подгруппы IIIA или IIIB с уровнем взрывозащиты Dc – IP5X.

Уплотнительные кольца кабельных вводов, позволяющих устанавливать кольца разных размеров, должны иметь обозначения минимального и максимального диаметров (в миллиметрах) допущенных к вводу в них кабелей, это позволит потребителю определить, соответствует ли кольцо кабельному вводу.

Кабельные вводы должны быть сконструированы и установлены таким образом, чтобы не были изменены специфические параметры вида взрывозащиты электрооборудования, на котором их монтируют в соответствии с предписанием руководства по эксплуатации.

Это условие должно быть выполнено для всего диапазона размеров кабелей, определенных изготовителем кабельных вводов в качестве пригодных для использования с указанными кабельными вводами. Кабельные вводы могут быть неотъемлемой частью электрооборудования, если какая-либо главная деталь ввода образует с оболочкой электрооборудования неразъемную конструкцию. В таких случаях вводы следует испытывать вместе с электрооборудованием:

– не резьбовые кабельные вводы должны быть сертифицированы как Ex-компоненты или вместе с готовым электрооборудованием;

– резьбовые кабельные вводы должны быть сертифицированы как Ex-кабельные вводы, Ex-компоненты или вместе с готовым электрооборудованием. Кабельные вводы, должны иметь Ex-маркировку.

Руководства по эксплуатации (или паспорт) должны содержать информацию (чертежи и диаграммы, в том числе чертежи средств взрывозащиты), необходимую для ввода в эксплуатацию, технического обслуживания, осмотра, проверки правильности работы и ремонта электрооборудования, а также рекомендации по обеспечению безопасности его эксплуатации.

В случае возникновения сомнений с точки зрения обеспечения взрывозащиты, ввиду предполагаемого восстановления электрооборудования при ремонте, необходимо получить заключение органа по сертификации, выдавшего сертификат.

УДК 691.175

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

В. И. ВИННИЧЕНКО, Н. Н. СУПРЯГА, *Т. Г. ИВАЩЕНКО
«ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
*«ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ МИНИСТЕРСТВА ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ»
Харьков, Киев, Украина

Известно, что при производстве 1 т фосфорной кислоты получается 4 т фосфогипса, при производстве 1 т аммофоса – 3 т фосфогипса. В мире перерабатывается всего около 3 % фосфогипса [1], остальное складируется в отвалах. В Японии и США фосфогипс сбрасывают в океан. В странах бывшего СССР применяется сухое складирование, т. к. оно наиболее безопасное.

На Гомельском химическом заводе с 1981 г. на протяжении 11 лет фосфогипс не выбрасывали в отвалы, а отмывали, обжигали и превращали в гранулы [1]. Гранулы фосфогипса поставлялись на цементные предприятия. За это время на химзаводе успели переработать до 2,3 млн т фосфогипса. В 90-е годы процесс остановился, т. к. оказался невыгодным из-за резко возросшей стоимости энергоресурсов. Встал вопрос о необходимости очистки сточных вод, которые образовались при отмывке фосфогипса. Для отмывки тонны фосфогипса требуется воды вдвое больше. Поэтому, решая одну проблему, создавали другую. До сих пор эти проблемы остаются главными при переработке фосфогипса. Ежемесячно в горы Гомеля досыпается около 70 тыс. т фосфогипса.

В мире запатентовано более 70 технологий по использованию фосфогипса [1], но все они убыточны и экологически нецелесообразны по причине высокой энергоемкости.

Переработке по новой технологии подлежит только свежеобразованный фосфогипс, а проблема с утилизацией отвального остается нерешенной.

Самые распространенные в настоящее время машины для получения гипсового вяжущего представлены в табл. 1

Табл. 1. Сравнительные показатели современного обжигового оборудования

Оборудование для обжига гипсового сырья	Удельные затраты условного топлива, т./год.	Удельные затраты электроэнергии, кВт час/тонну
Вращающаяся печь	48…56	30
Гипсоварочный котел	45…52	26…30
Демпфер	100…120	20
Автоклав	259…282	30…32

Фосфогипс при помоле в шаровой мельнице обладает способностью к агрегированию и на выходе из мельницы появляются пластинки диаметром до 2 мм, что недопустимо по стандартам всех стран мира. При обжиге фосфогипса в гипсоварочном котле, фосфогипсовый порошок прилипает к внутренним стенкам котла, а убирать, приваренный материал, приходится вручную. Что касается демпфера и автоклава, то у этих машин соотношение «качество энергозатраты» оставляет желать лучшего. Авторами предложена новая технология и оборудование для переработки фосфогипса.

Сущность технологии: помол и обжиг осуществляются в одной машине – помольно-обжиговом агрегате, что способствует снижению энергетических и эксплуатационных затрат, а также уменьшению занимаемой производственной площади.

Технология опробована как в лаборатории Харьковского национального университета строительства и архитектуры, так и в опытно-промышленных условиях фирмы ООО «Экология-Днепр» г. Днепродзержинск. При производительности 5 т/час, расход электроэнергии разработанного помольно-обжигового агрегата, по сравнению с гипсоварочным котлом, ниже на 45 %, а расход топлива – ниже на 78 %. Также можно отметить малую металлоемкость и компактность оборудования.

Основные преимущества новой технологии: снижается расход топлива, электроэнергии; сокращается количество машин и время обжига; безотходность технологии; снижаются выбросы парниковообразующих газов в атмосферу.

Технология предусматривает получение строительного гипса, и из которого изготавливают: штукатурные смеси, шпаклевки, пазогребневые плиты, гипсокартонные листы, прессованные изделия, цементы для строительства автомобильных дорог, строительные смеси, возможно получение редкоземельных металлов. В Днепродзержинске заканчивается строительство опытно-промышленной технологической линии производительностью 5 т/час.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://gomelnews.onliner.by/2013/06/11/fosfogips

УДК 621.3

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЕХ-КАБЕЛЬНЫХ ВВОДОВ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Л. Г. ЧЕРНАЯ, В. Н. АБАБУРКО, *А. В. КОХАН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)
Могилев, Минск, Беларусь

При проведении монтажных работ для опасных и потенциально опасных объектов, особое внимание необходимо уделять соединению кабелей с взрывозащищенным электрооборудованием, которое должно быть выполнено посредством Ex-кабельных вводов, соответствующих типу применяемого кабеля, и должно сохранять целостность вида взрывозащиты электрооборудования.

Кабельные вводы должны быть выбраны в соответствии с требованиями к виду взрывозащиты согласно ГОСТ IEC 60079-14-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок», ГОС IEC 61241-14-2011 «Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 14. Выбор и установка».

Если размер резьбового отверстия отличается от кабельного ввода, необходимо установить резьбовой переходник.

Изменения не должны производится в электрооборудовании, если они не предусмотрены данными, прилагаемыми к сертификату, или письменно не одобрены предприятием-изготовителем.

Необходимые дополнительные отверстия под кабельные вводы, кроме видов взрывозащиты «d», «t» и «nR», могут быть сделаны при соблюдении следующих условий:

– отверстия допускаются в соответствии с документацией изготовителя, где указаны расположение, размер отверстий и количество;

– простые или резьбовые отверстия должны соответствовать зазорам, указанным изготовителем.

В кабельных вводах с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» дополнительные отверстия и изменение формы резьбы допускаются только при соответствии с сертификатом и выполнении изготовителем или сертифицированным ремонтным предприятием. Если размер резьбовых вводов или отверстий отличается от размера кабельного ввода, то устанавливают взрывонепроницаемый резьбовой переходник.

Минимальный диаметр кабеля, на который рассчитан кабельный ввод, устанавливается изготовителем. Потребитель должен гарантировать, что

225 и менее 320 °С при испытании с пылью, толщина слоя которой 500 мм: Ex tb IIIC T225 °C T500 320 °C Db.

Для безопасного и качественного технического обслуживания в соответствии с требованиями ГОС IEC 61241-14-2011 «Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 14. Выбор и установка» на электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных пылевых сред, должен быть подготовлен пакет проверочных документов:

– планы с классификацией и протяженностью взрывоопасных зон, включая максимальную допустимую толщину слоя пыли (ГОСТ IEC 60079-10-2-2013 Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды»);

– характеристика материла, включая минимальную температуру воспламенения облака горючей пыли, минимальную температуру воспламенения слоя горючей пыли, минимальную энергию воспламенения облака горючей пыли;

– инструкции по установке электрооборудования;

– документы и/или сертификат на электрооборудование, в которых изложены специальные условия применения, обозначенные в маркировке знаком «X»;

– документы, подтверждающие соответствие электрооборудования требованиям взрывоопасной зоны установленного класса и воздействующей окружающей среде, например, температурный класс, тип Ex, номинальные характеристики защиты IP, устойчивость к коррозии;

– документы, подтверждающие, что электрооборудование имеет номинальное значение напряжения, и частоты, используемые при номинальном режиме работы;

– наличие технической (ремонтно-эксплуатационной) документации;

– протоколы выбора системы кабельных вводов в соответствии с требованиями к определенным видам взрывозащиты;

– чертежи и графики электрических цепей;

– документы, подтверждающие уровень квалификации персонала (периодическое повышение квалификации и аттестацию).

Выбор, установку и техническое обслуживание должен выполнять только опытный персонал, подготовка которого включает в себя обучение работе с электрооборудованием, имеющем взрывозащиту различных видов, и способам его монтажа, изучение соответствующих технических норм и правил, а также общих принципов классификации взрывоопасных зон.

Выполнение указанных требований обеспечит соблюдение Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности» N 354-З от 05.01.16 г. при проведении периодических экспертиз потенциально опасных объектов.

УДК 621.74.047

ЛИТЬЕ НАМОРАЖИВАНИЕМ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

В. П. ГРУША, В. Ф. БЕВЗА
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

В современном машиностроении имеется множество пар трения, работающих в тяжёлых условиях. Высокие значения удельных нагрузок, скоростей скольжения, нередко действующих совместно с динамическим нагружением, и, как правило, при недостаточной смазке, создают весьма неблагоприятные условия их работы. Актуальной задачей является увеличение срока службы таких узлов за счёт обеспечения более высоких механических и триботехнических свойств материалов пар трения. Перспективными, в аспекте повышения качества, являются разработки технологий получения заготовок из чугуна для деталей ответственного назначения с использованием преимуществ направленности затвердевания металла [1].

Цель работы заключалась в разработке технологических основ литейно-термической технологии получения полых цилиндрических толстостенных заготовок из серого чугуна без отбела.

Проблема получения отливок с толщиной стенки ≈ 35 мм методом намораживания в непрерывно-циклическом режиме связана с большим временем выдержки для формирования заданной толщины стенки (рис. 1), что может приводить к прекращению процесса литья. Длительная выдержка способствует стабилизации цементита и возникновению отбела на наружной поверхности отливки.

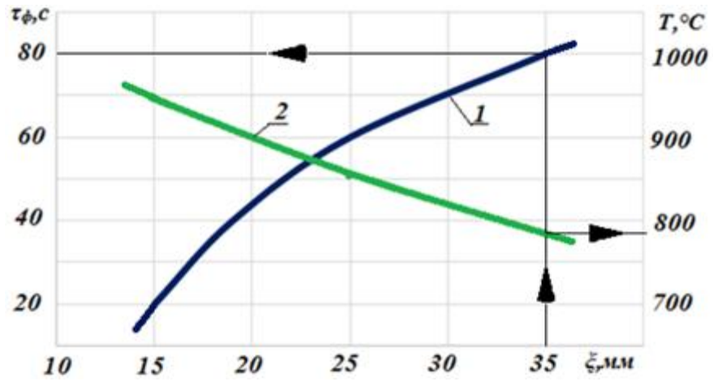


Рис. 1. Зависимость изменения толщины стенки отливки Ø 104 мм (1) и температуры ее наружной поверхности (2) в момент извлечения от времени формирования

Задача по обеспечению стабильности процесса получения толстостенных отливок методом намораживания без отбела решалась путем:

– снижения интенсивности охлаждения расплава за счет конструкции литниковой системы с многослойной стенкой из жидкостекольной смеси и малотеплопроводного материала;

– повышения температуры расплава в печи до 1600 °С и его графитизирующим модифицированием;

– использования комплексного смесевого модификатора (FeSi+FeSiBa+ГЛС3) для ковшевого модифицирования и повышения его эффективности за счет обработки отдельных порций перегретого расплава, добавляемых в разливочный ковш;

– управления процессом вторичного охлаждения отливки за счет повышения температуры наружной поверхности и увеличения времени выдержки отливок в интервале температур 950–750 °С, снижения интенсивности их охлаждения (менее 0,5 К/с) при перераспределении первичного тепла по толщине стенки.

В результате проведенных исследований, определена возможность получения полых цилиндрических заготовок с толщиной стенки до 35 мм (при ξ/D = 0,30–0,33) из серого экономнолегированного чугуна (табл. 1) без отбела в рамках единой литейно-термической технологии, основанной на использовании литья намораживанием в непрерывно-циклическом режиме и термообработки только за счет первичного тепла.

Табл. 1. Химический состав серого экономнолегированного чугуна

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P
Содержание, %	3,07-3,08	1,7-2,1	0,7-1,0	0,1-0,2	0,1-0,25	0,25-0,4	до 0,2

Твердость заготовок в литом состоянии в пределах 220–250 НВ, показывает отсутствие отбела в структуре чугуна и обеспечивает их механическую обработку лезвийным инструментом с высокой производительностью. Материал отливок, полученных методом намораживания, имеет высокую дисперсность перлитной металлической основы, благоприятное строение графитовой фазы и фосфидной эвтектики, что в максимальной степени соответствует требованиям, предъявляемым к машиностроительным деталям ответственного назначения, работающих в условиях трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение качества деталей из чугунов путем совершенствования процесса структурообразования / Е. И. Марукович [и др.] // Двигателестроение. – 2015. – № 1 (259). – С. 35–40.

УДК 621.3

ВЫБОР И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПЫЛЕВЫХ СРЕД

Л. Г. ЧЕРНАЯ, В. Н. АБАБУРКО, *А. В. КОХАН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ
РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)
Могилев, Минск, Беларусь

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной пылевой среды взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы – 20, 21 и 22. Оборудование, предназначенное для применения в местах (кроме подземных выработок шахт и их наземных строений), опасных по взрывоопасным пылевым средам относится к группе III, и в зависимости от конструкции может иметь один из трех уровней взрывозащиты, соответствующих классу взрывоопасной зоны – Da, Db, Dc. Оборудование группы III может подразделяться на подгруппы в зависимости от характеристики взрывоопасной среды, для которой оно предназначено:

– подгруппа IIIA – в среде, содержащей горючие летучие частицы;

– подгруппа IIIB – в среде, содержащей непроводящую пыль;

– подгруппа IIIC – в среде, содержащей проводящую пыль.

Электрооборудование, маркированное как IIIB, пригодно также для применения там, где требуется электрооборудование подгруппы IIIA. Подобным образом электрооборудование с маркировкой IIIC пригодно также для применения там, где требуется электрооборудование подгруппы IIIA или IIIB.

Электрическое оборудование, предназначенное для работы во взрывоопасных пылевых средах, имеет следующие виды взрывозащиты:

– «t» («ta», «tb», «tc») – защита оболочкой;

– «i» («ia», «ib») – искробезопасность (искробезопасная электрическая цепь);

– «m» («ma», «mb», «mc») – герметизация компаундом;

– «p» – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением;

– «s» – специальный вид взрывозащиты.

Приведем пример маркировки для электрооборудования с уровнем взрывозащиты Db и видом взрывозащиты «защита оболочкой «t» для применения во взрывоопасных пылевых средах, содержащих проводящую пыль подгруппы IIIC, с максимальной температурой поверхности менее

доступа к этому адресу к нему нужно добавить ширину области n (рис.1, б).

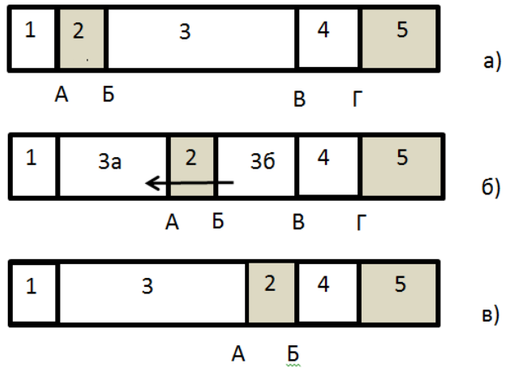


Рис. 1. Последовательность сдвига неиспользуемой части памяти в конец ОЗУ

Пусть А=101, Б=110, т. е. ширина области равна 10, а адрес В=140. Область 3 занимает 30 ячеек памяти. Если процессор выдаст адрес К=101, то т. к. здесь расположена неиспользуемая область памяти 2, информация будет взята по адресу 101+10=111 области 3 с использованием преобразователя адресов. Пусть произошел сдвиг области 2 на 5 ячеек вправо. На это место переместились 5 ячеек области 3 (рис.1, б). Теперь при обращении процессора по адресу К=101 преобразования адреса не требуется, так как информация уже находится в 101 ячейке ОЗУ. Для адреса К=129 информация будет находиться в ячейке ОЗУ с номером 139. После полной замены местами областей памяти 2 и 3, доступ к области 3 рабочей программы будет осуществляться напрямую без преобразования адреса. Если адрес из процессора будет больше адреса В – начала области 4, то преобразования адреса не требуется. Программа, отвечающая за сдвиг области 2, постоянно проверяет условие окончания этого сдвига, при котором разность между текущим адресом А неиспользуемой области 2 и концом области 3 станет равной нулю. Это означает, что область 2 достигла области 4 (рис.1, в). Ширина области 3 может быть больше, меньше или равна n. Далее сдвинем область 2 к неиспользуемой зоне 5. После их объединения продолжим перемещать этот участок вправо, пока все неиспользуемые участки памяти не окажутся в конце, а слева будут расположены адреса рабочих программ, к которым осуществляется последовательный доступ без всяких преобразований. Таким образом, перемещение неиспользуемых областей памяти происходит не за счет времени выполнения рабочей программы, что ускоряет работу компьютера.

УДК 621.791.72

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ВАЛИКОВ ПРИ НАНЕСЕНИИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ СЛОЕВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

О. Г. ДЕВОЙНО, Н. И. ЛУЦКО, А. С. ЛАПКОВСКИЙ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Лазерная наплавка – это технология создания покрытий, включающая нанесение материалов разной природы на металлическую подложку с использованием в качестве источника энергии лазерного луча.

Перспективным направлением развития методов наплавки, в том числе и лазерной наплавки, является ее использование для создания мультимодальных слоев из разнородных материалов, что способствует повышению физико-механических и эксплуатационных свойств поверхностей деталей [1].

Важную роль при формировании мультимодальных слоев лазерной наплавкой играет точность соблюдения размеров наносимых валиков. В то же время поперечные размеры, полученные при различных режимах наплавки валиков, достаточно сильно отличаются. На рис. 1 и 2 показаны поперечные шлифы валиков, полученных при различных скоростях и дистанциях наплавки. При этом хорошо видно, что высота и ширина валиков отличается приблизительно в 1,4–1,5 раза. В этой работе исследованы основные особенности формирования геометрии поперечного сечения валиков, получаемых при лазерной наплавке, при изменении таких параметров как дистанция наплавки и скорость наплавки.

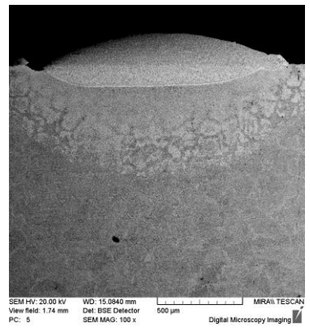


Рис. 1. Поперечный шлиф валика, полученного лазерной наплавкой сплава ПГ-12Н-01, при скорости наплавки V= 40 мм/мин и дистанции наплавки L= 10 мм

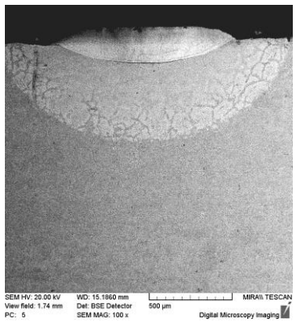


Рис. 2. Поперечный шлиф валика, полученного лазерной наплавкой сплава ПГ-12Н-01, при скорости наплавки V= 60 мм/мин и дистанции наплавки L= 12 мм

Установлено, что при увеличении дистанции наплавки, ширина валиков уменьшается. Эта закономерность одинаково проявляется при всех исследованных режимах (рис. 3).

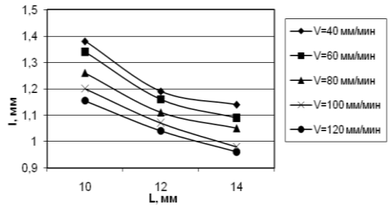


Рис. 3. Зависимость ширины валика I от дистанции наплавки L для сплава ПГ-12Н-01 при скорости наплавки V

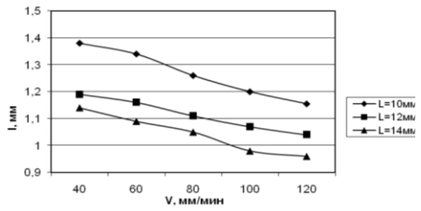


Рис. 4. Зависимость ширины валика I от скорости наплавки V для сплава ПГ-12Н-01 при дистанции наплавки L

Скорость наплавки, как видно из рис. 4, также довольно заметно влияет на ширину валика. При увеличении скорости наплавки самофлюсующегося сплава на основе никеля ширина валика уменьшается. Такая закономерность также имеет место при всех применявшихся режимах наплавки.

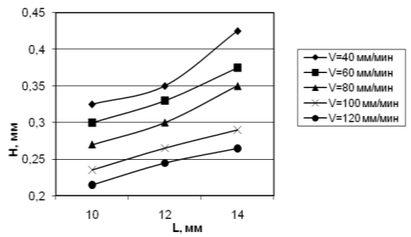


Рис. 5. Зависимость высоты валика H от дистанции наплавки L для сплава ПГ-12Н-01 при скорости наплавки V

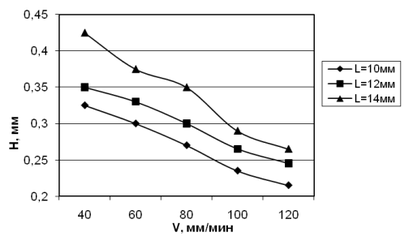


Рис. 6. Зависимость высоты валика H от скорости наплавки V для сплава ПГ-12Н-01 при дистанции наплавки L

Увеличение дистанции наплавки, как видно из рис. 5, приводит к увеличению высоты валиков. Влияние скорости лазерной наплавки на высоту валиков показано на рис. 6. Видно, что при увеличении скорости лазерной наплавки, высота валиков заметно уменьшается.

Таким образом, исследования показали, что режимы процесса оказывают существенное влияние на форму и размеры поперечного сечения валиков, получаемых при лазерной наплавке. Это обстоятельство нельзя игнорировать при назначении режимов наплавки для конкретных деталей, особенно в случаях, когда необходимо точное воспроизведение определенной геометрии и формы наплавляемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маков, Д. А.** Формирование мультимодальной структуры аустенитных покрытий с карбидным упрочнением / Д. А. Маков, С. Ф. Гнюсов, В. Г. Дураков // Сварка и контроль 2004 : тез. докл. Междунар. конф. – Пермь, 2004. – Т. 3. – С. 170–176.

УДК 004.382.7

УСКОРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Ю. Д СТОЛЯРОВ, В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ, Э. И. ЯСЮКОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При выполнении рабочих программ процессор компьютера постоянно использует оперативную память, в которой находится необходимая в данный момент информация. По мере выполнения работы в памяти появляются участки, информация из которых уже не используется. Для эффективной работы в ЭВМ происходит динамическое перераспределение памяти, когда неиспользуемая информация смещается в конец оперативной памяти, а на ее место перемещается необходимая информация, доступ к которой упрощается за счет последовательного доступа без разрывов адресов. При этом процессор прекращает выполнение основной программы, что снижает эффективность работы компьютера. Во время работы ЭВМ всегда имеются такты ожидания, когда процессор не загружен основной программой и можно использовать это время на перераспределение памяти.

Рассмотрим состояние участка памяти ОЗУ в какой-то момент времени. Участки памяти 2 и 5 представляют собой области, информация из которых в настоящий момент уже не нужна (рис.1, а) и их необходимо переместить в конец памяти. Сначала надо сдвинуть область 2 к области 4, потом к области 5, а затем продолжить сдвигать объединенную область вправо до тех пор, пока все свободные области не окажутся в конце справа. При работе программы приходится производить дополнительные действия, чтобы найти информацию по адресу, выданному процессором. Например, при выдаче процессором адреса, попадающего в неиспользуемую область 2. С этой целью между процессором и ОЗУ располагается специальный преобразователь адресов. Сначала в преобразователь загружается адрес левого края первой неиспользуемой области – А, ширина ее – n и адрес конца свободной области – В, после этого процессор считает, что область 2 уже сдвинулась вправо. В действительности, область 2 сдвигается на каждом такте, не связанном с выполнением рабочей программы вправо на одну ячейку и границы области А и Б также перемещаются вправо.

Если выданный процессором адрес меньше, чем адрес А, т. е. соответствующая ячейка уже попала в область 3а, или расположен левее, то адрес не требует корректировки и адрес из процессора поступает прямо в ОЗУ. Если адрес, поступающий от процессора равен или больше А , но меньше В, значит необходимые данные расположены в области 3б и для получения

УДК 621.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

А. Г. СТАРОВОЙТОВ, Г. И. СКРЯБИНА, И. А. ЧЕРКАСОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В процессе передачи и распределения электрической энергии в энергосистеме возникает задача введения параметров количественной оценки деятельности сбытовых подразделений, характеризующие результаты работы по реализации энергии в соответствии с запланированными (нормативными) показателями. В данной работе предлагается методика интегральной количественной оценки результатов сбытовой деятельности на основе сопоставления траекторий нормированных и фактических данных о потерях энергии за текущий месяц.

Процесс управления сбытом энергии описывается моделью, а для измерения степени «похожести», «согласованности» траекторий используется коэффициент взаимной корреляции [1] и коэффициент средних отклонений фактических от плановых.

В общем, оценка эффективности сбытовой деятельности предполагает сравнение фактической динамики изменений различных показателей с закономерной динамикой. Так, рост числа бытовых электроприборов закономерен, и поэтому отсутствие роста средней оплаты за электроэнергию на одного бытового абонента говорит о наличии хищений и слабой работе служб быта. Динамика изменений этих показателей за отчетный период не должна иметь резких скачков. Их наличие должно говорить о несовершенстве системы расчетного учета, о нарушении закономерной динамики.

Удобной формой выявления факторов нарушающих закономерную динамику при постоянстве схемы счета и отлаженной системы расчетного учета является выделение из отчетных потерь $\Delta W_{отч}$ коммерческой или переменной (нагрузочной) составляющей потерь $\Delta W_{н}$ [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тейлор, Дж.** Введения в теорию ошибок : пер. с анг. / Дж. Тейлор. – М. : Мир, 1985. – 270 с.

2. **Старовойтов, А. Г.** Учет нормирования и распределения энергии в электрических сетях / А. Г. Старовойтов // Метрология и приборостроение. – № 2. – 2003. – с. 15.

УДК 621.687

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ КОМБИНИРОВАННЫМ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ

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

Большой интерес вызывает метод получения на поверхности деталей машин антифрикционных покрытий комбинированным магнитно-динамическим накатыванием.

В работе исследована технология получения на поверхности плоских образцов из стали 45 (200–220 НВ) медьсодержащего покрытия комбинированным магнитно-динамическим накатыванием при использовании технологической среды следующего состава: глицерин (20 %); спирт (10 %); 10 % раствор соляной кислоты (10 %); $CuSO_4$ (60 %).

Для осуществления процесса комбинированного магнитно-динамического накатывания применяли инструмент, магнитная система которого обеспечивала: сообщение деформирующим шарам виброколебаний и магнитное воздействие на зону обработки.

Комбинированную отделочно-упрочняющую обработку деталей выполняли на вертикально-фрезерном станке ВФ-130.

Режимы обработки: частота вращения инструмента – 1600 мин$^{-1}$; подача инструмента – 20 мм/мин; натяг между деформирующими и приводными шарами инструмента – 0,6 мм; индукция вращающегося магнитного поля, действующего на зону обработки – 0,2 Тл; количество рабочих ходов инструмента – один.

Выполненные рентгеноструктурные исследования позволили получить дифрактограмму упрочненных стальных образцов с антифрикционным покрытием, сформированным по разработанному методу (рис. 1).

Из дифрактограммы следует, что наряду с отражениями α-фазы матрицы (стальной детали) присутствуют линии меди (антифрикционного покрытия).

В табл. 1 приведены данные по физическому уширению β дифракционных линий (110), (220) матричной α-фазы стали 45 (подложки) и линий (200), (400) медного слоя (покрытия), съемка которых проводилась в CuKa – излучении.

Табл. 1. Значения физического уширения β дифракционных линий (110), (220) матричной α-фазы образца из стали 45 (подложки) и линий (200), (400) медного слоя (покрытия)

Образец	$\beta_{110}\cdot10^{-3}$, рад	$\beta_{220}\cdot10^{-3}$, рад	β_{220}/β_{110}	$\beta_{200}\cdot10^{-3}$, рад	$\beta_{400}\cdot10^{-3}$, рад	β_{400}/β_{200}
А	6,46	9,57	1,48	6,02	15,93	2,65

Примечание: $tg\theta_{220}/tg\theta_{110} = 2{,}83$; $sec\theta_{220}/sec\theta_{110} = 1{,}42$
$tg\theta_{400}/tg\theta_{200} = 3{,}43$; $sec\theta_{400}/sec\theta_{200} = 1{,}70$

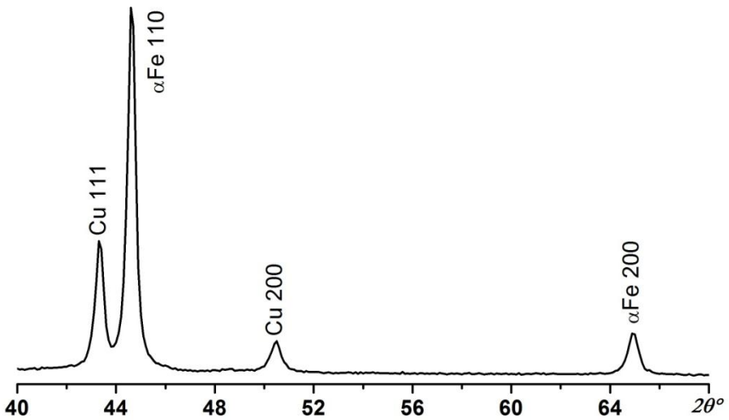


Рис. 1. Фрагмент дифрактограммы образца из стали 45 (200–220 НВ) с антифрикционным покрытием из меди

Из полученных данных следует, что отношение физического уширения дифракционных линий стали 45 (подложки) β_{220}/β_{110} соответствует отношению $sec\theta_{220}/sec\theta_{110}$. Последнее непосредственно указывает на то, что нанесение меди на матричную фазу (сталь 45) методом комбинированного магнитно-динамического накатывания сопровождается образованием в матричной фазе субзеренной структуры наноразмерной величины с размером ячеек 25–30 нм. Что же касается антифрикционного медного слоя, то в этом случае имеет место соотношение $sec\theta_{400}/sec\theta_{200} < \beta_{400}/\beta_{200} < tg\theta_{400}/tg\theta_{200}$. Это позволяет заключить, что при формировании антифрикционного медного покрытия на стальном образце в поверхностном слое, восстанавливаемой и одновременно упрочняемой меди, появляются дефекты в виде нескоррелированной системы дислокаций. При этом плотность дислокаций, образующихся в поверхностном слое стали 45, составляет $3{,}7\ 10^9$ мм$^{-2}$, а в антифрикционном слое меди – $1{,}4\cdot10^9$ мм$^{-2}$.

УДК 004.8

СИСТЕМА ПОИСКА РЕЛЕВАНТНОГО РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИАЛОГА

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

Проблема минимизации количества заданных вопросов при поиске решения в экспертной системе является актуальной. Решением может являться распознавание образа (человека, предмета, болезни, неисправности и т. п.). Обычно, поиском решения занимается человек: врач, администратор, либо эксперт в какой-либо области. При традиционном подходе поиск решения занимает существенное время. Возможны ошибки, вызванные как субъективными факторами, так и нехваткой времени. Из-за влияния субъективных факторов некоторые решения могут не достигаться. Для достижения максимально вероятного решения необходимо:

1) отбирать наиболее значимые вопросы;
2) определять наиболее вероятный результат.

Разработана автоматизированная система, которая способна отбирать наиболее значимые вопросы, ответы на которые будут способствовать получению максимально вероятного решения. Отбор наиболее значимых вопросов происходит на основе анализа предыдущих ответов опрашиваемого. Результатом является наиболее вероятное решение, учитывающее все полученные ответы, и практически исключающее влияние ошибок в ответах пользователя на конечный результат.

Для поиска решения реализован модифицированный метод Байеса, принцип работы которого заключается в том, чтобы поиск наиболее значимого вопроса осуществлялся путём динамического определения весов (энтропии) всех вопросов. После получения максимального количества информации из всех возможных ответов, можно выбрать наиболее вероятный вопрос. Данный метод является универсальным и позволяет распознавать образы в общих, медицинских, компьютерных и других областях.

Программный интерфейс разработан на платформе C#-WPF. В системе активировано динамическое и статическое обучение. Смена режимов осуществляется путём изменения настроек и выбора необходимой базы данных. Кроссплатформенная разработка механизма позволяет портировать систему на любые устройства.

Система может быть реализована в областях, где при распознавании образа происходит диалог между системой и пользователем, который заключается в задании вопросов и получении ответов. В частности, идентифицируемыми образами могут являться: люди, предметы, диагнозы.

ские диаграммы активной и реактивной мощностей при холодной обкатке испытуемого двигателя с номинальной нагрузкой (рис.2). Аналогичные диаграммы были получены и при горячей обкатке двигателя.

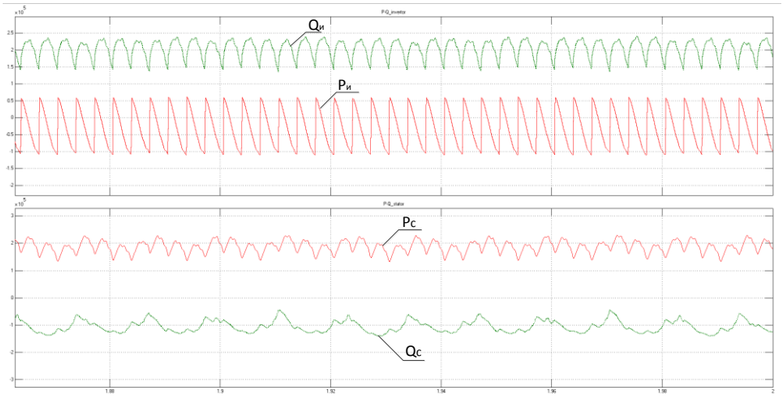


Рис. 2. Диаграммы активной и реактивной мощностей инвертора и асинхронного двигателя в режиме холодной обкатке при номинальной нагрузке

В докладе приводятся результаты исследований испытательного стенда на основе АВК при различных значениях скоростей вращения и моментов нагрузки. В частности установлено, что как в генераторном режиме, так и в двигательном режиме работы АВК через роторную цепь и инвертор возвращается до 50 % активной мощности асинхронной машины, входящей в состав стенда. При этом потребляемая инвертором реактивная мощность составляет порядка 80 % мощности асинхронной машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Захаренко, В. С.** Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения / В. С. Захаренко, И. В. Дорощенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2011. – № 3. – С. 66–74.

2. **Дорощенко, И. В.** Имитационная модель асинхронно-вентильного каскада в Matlab Simulink / И.В. Дорощенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XV науч.-техн. конф. студ., асп. и молод. ученых, Гомель, 23–24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – С. 264–267.

УДК 669.1.054.8; 621.74

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

П. Ю. ДУВАЛОВ, А. И. КАЛЕНТИОНОК, Т. М. РУБАНОВА
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

На опытном производстве ИТМ НАН Беларуси для изготовления износостойких деталей применяется специально разработанный для литья в металлические формы хромистый чугун ИЧХ18ВМ. В ходе работы изучалось влияние температуры заливаемого расплава и времени заполнения формы на износостойкость деталей из этого чугуна.

Исследование износостойкости проводилось на специальном стенде по ранее разработанной методике [1]. Для исследования влияния температуры расплава была отлита серия подкладных листов в диапазоне температур заливаемого расплава 1350…1550 ºС. Время заливки в каждом случае составляло 20±1 с (рис. 1).

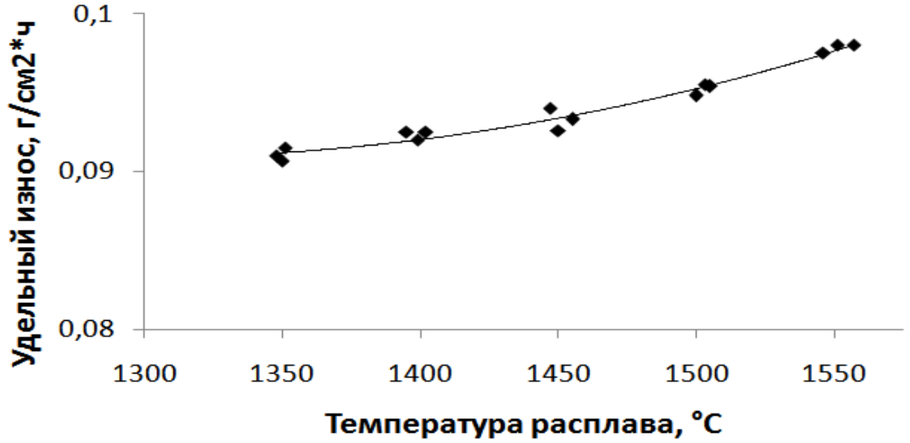


Рис. 1. График влияния температуры заливаемого расплава на удельный износ деталей из ИЧХ18ВМ

Для определения влияния времени заполнения формы расплавом, его температура составляла около 1350 ºС, а время заполнения формы варьировалось от 5 до 25 секунд с шагом в 5 с. Результаты испытаний представлены графически на рис. 2.

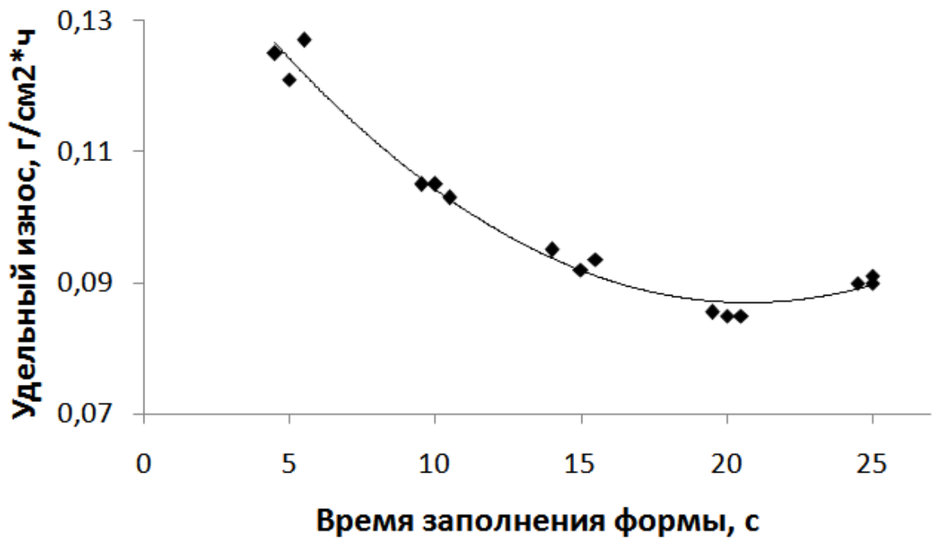


Рис. 2. График влияния времени заполнения формы расплавом на удельный износ деталей из ИЧХ18ВМ

Температура расплава, заливаемого в форму в диапазоне 1350–1550 °С, практически не влияет на износостойкость получаемых деталей. Изменение износостойкости при уменьшении температуры с 1550 до 1350 ºС составило около 10 %. Увеличение времени заливки с 5 до 25 с значительно повысило износостойкость рабочей поверхности детали примерно до 35 %. Дальнейшее увеличение времени заливки более 25 с для конкретной детали (подкладной лист), приводит к ухудшению условий питания отливки и, как следствие, к образованию усадочных раковин.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что наиболее качественные, без усадочных дефектов, отливки получаются при температуре заливки 1350 °С и времени заполнения формы от 20 до 25 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучение износостойкости деталей из хромистых чугунов, полученных литьем в кокиль / Е. И. Марукович [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. материалов X Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 сент. 2015 г. : в 3 кн. / ФТИ НАН Беларуси; редкол: С. А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : 2015. – кн. 3. Обработка металлов давлением. – С. 52–57.

УДК 62-83-52

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА

И. В. ДОРОЩЕНКО, М. Н. ПОГУЛЯЕВ, В. А. САВЕЛЬЕВ
Государственное учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Энергосбережение стало в последние годы одним из приоритетных направлений технической политики во всех странах мира. В связи с этим полезное использование энергии испытуемого двигателя является одним из основных требований, предъявляемых к испытательным стендам.

Целью данных исследований является количественное определение потребляемой и рекуперируемой мощности испытательным стендом на основе асинхронно-вентильного каскада (АВК) с тиристорным преобразователем в роторной цепи (рис. 1).

На основании уравнений математической модели [1], с учетом функциональной схемы асинхронно-вентильного каскада (рис.1), в программе Matlab Simulink была составлена имитационная модель нагрузочной части стенда на основе АВК [2].

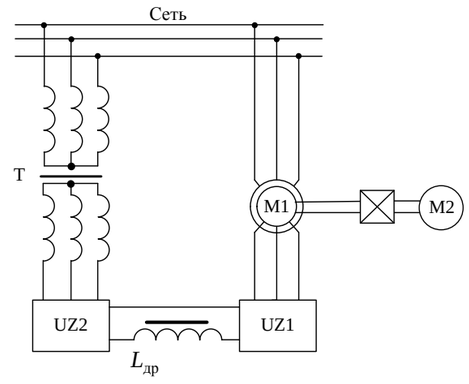


Рис. 1. Функциональная схема асинхронно-вентильного каскада: M1 – асинхронная машина; M2 – испытуемый двигатель; UZ1 – вентильный преобразователь; UZ2 – выпрямитель; $L_{др}$ – дроссель; T – согласующий трансформатор

В модели в качестве двигателя M1 используется, входящий в состав промышленного испытательного стенда КИ-5274, асинхронный двигатель с фазным ротором АКБ-101-4 У3 мощностью 160 кВт. При имитационном моделировании работы испытательного стенда были получены энергетиче-

времени алгоритм полного перебора. Это обуславливается тем, что перебирались не все возможные варианты, т.к. на каждой операции проводились дополнительные проверки на невыполнимость данной формулы на текущем шаге. Была представлена эвристика, которая собирает в себя все представленные алгоритмы. Каждый алгоритм запускался в отдельном потоке, а когда какая-то эвристика давала точный ответ, все алгоритмы об этом узнавали и благополучно завершали свою работу. Та или иная эвристика хороша на КНФ с определенными начальными свойствами. Например, одна из эвристик очень хорошо справляется с видом КНФ, когда конфликтная переменная находится в большом количестве дизъюнктов или дизъюнктах большой длины, но очень медленно работает на тестах, когда конфликтная переменная будет находиться в коротком дизъюнкте. Однако любая другая эвристика (максимизацией функции или урезанием переменной) справится с таким тестом довольно-таки быстро. Последние два алгоритма специально разрабатывались для борьбы с этим случаем, когда была замечена слабость жадной эвристики на таких вариантах КНФ.

Комплексная эвристика показала себя довольно быстрой, и на некоторых очень больших тестах оказалась на порядок эффективнее, чем многие популярные солверы.

УДК 621.373.826.004.14

ДИНАМИКА ЭРОЗИОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ УГЛЕРОДА В ВАКУУМЕ

Д. Р. ИСМАИЛОВ, М. В. ПУЗЫРЕВ, В. Ю. СТУПАКЕВИЧ
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.

Для получения требуемых характеристик нанопленок необходимо изучить особенности разрушения материала лазерной мишени в вакууме, определить количество ионизированных и возбужденных атомов в плазме, динамику параметров эрозионного лазерного факела и его пространственные характеристики. Таким образом, изменяя условия осаждения, материал мишени и подложки, можно влиять на свойства осаждаемых покрытий.

Для воздействия на мишень был использован импульсный YAG:Nd^{3+} лазер LS-2137 фирмы Lotis-TII с длиной волны λ = 1064 нм и длительностью импульса по полуширине τ = 20 нс. Мишень устанавливались под углом 45° к оси лазерного пучка. Измерение проводилось в вакууме при давлении остаточных газов ~ 10^{-3} Па. Мишень вращалась со скоростью 2 об/мин, чтобы предотвратить образование глубокого кратера на поверхности мишени, что может сказаться на пространственной форме эрозионного факела. Мишень была изготовлена из высокоориентированного пиролитического графита марки УПВ1.

В проведенных экспериментах по воздействию наносекундного лазерного излучения на графитовую мишень в вакууме обнаружены две зоны свечения: первая неподвижна и расположена вблизи мишени, а другая движется со скоростью ~10 км/с от поверхности мишени.

Оценена температура плазмы в приповерхностной области лазерной мишени, которая составляет ~ 9800 К.

Максимум интегрального свечения из различных зон эрозионного лазерного факела в наших условиях расположен на расстоянии 4,5 см от поверхности мишени.

Таким образом, эксперименты показали, что эрозионный лазерный факел в вакууме имеет сложную структуру с различными параметрами частиц и может влиять на режимы осаждения углеродных нанопленок.

УДК 669.018:621.793

МАКРОГЕТЕРОГЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

В. А. КАЛИНИЧЕНКО, М. Л. КАЛИНИЧЕНКО
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Механические свойства литых композиционных материалов на основе цветных сплавов могут изменяться в очень широких пределах. Проблема получения таких материалов может быть решена путем использования различных способов их синтеза. Несомненный интерес представляет использование данных материалов в качестве пар трения, а также конструкционных элементов и термокомпенсаторов ввиду их относительно низкой стоимости и незначительному весу. Данный тип материалов может применяться при замене традиционно используемых материалов для прецизионных узлов трения затворной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания, компрессионных устройств и др., а так же найти свою нишу в качестве конструкционных деталей различных узлов машин и агрегатов с требованиями повышенной надежности в условиях достаточно высоких удельных нагрузок, работе в агрессивных и тяжелых условиях эксплуатации.

Проведенные исследования в этой области показали реальную возможность управления функциональными свойствами изготавливаемых литых композиционных материалов. Поэтому актуальным является исследование и разработка литейной технологии получения материалов с макрогетерогенной структурой на основе цветных металлов прогрессивными методами, особенно для реконструкции объектов энергетического комплекса. Опыт эксплуатации многоцилиндровых паровых турбин показал, что возникает ряд проблем, связанных с тепловыми перемещениями узлов турбоагрегатов. Впервые литые композиционные материалы были применены на турбине Т-250-240 (ст. № 6 Минской ТЭЦ-4) в 1998 г. Во время капитального ремонта в 2003 г. были обследованы корпуса подшипников, композиционные вставки и продольные шпонки. Инструментальные измерения показали, что состояние всех этих элементов хорошее, следов износа композитных материалов нет. В период с 1998 по 2015 гг. в белорусской энергосистеме мероприятия по нормализации тепловых перемещений турбин с применением только разработанных композиционных материалов или в сочетании с другими антифрикционными материалами выполнены на шестнадцати различных типах турбин: К-300-240, Т-250-240, Т-100-130, Т-180/210-130, ПТ-60-130/13, ПТ-65-130/13, ТК-330-240, ПТ-50-130/13, ПТ-135/165-130. Т. е. охвачены практически все виды турбин белорусской энергетической системы.

УДК 519.85

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ЗАДАЧЕ ВЫПОЛНИМОСТИ БУЛЕВОЙ ФОРМУЛЫ

В. С. БУТОМА, А. М. БУТОМА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

Задача выполнимости булевой формулы (SAT) является одной из самых важных алгоритмических задач теории вычислительной сложности. Формула F – синтаксически верный набор переменных и коннекторов. Каждая переменная может принимать значение либо «ложь», либо «истина». Коннекторы определены стандартно:

– x and y истинно тогда и только тогда, когда x истинно и y истинно (классический «И»);

– x or y истинно тогда и только тогда, когда, по крайней мере, одна из переменных x\y истинна (классический «ИЛИ»);

– -x истинно тогда и только тогда, когда x ложно (классическое отрицание);

– x → y ложно тогда и только тогда, когда x истинно, а y ложно.

Любая пропозиционная формула F может быть приведена к виду КНФ (конъюнктивная нормальная форма) т. е. быть представлена в виде:

$$F' = c_1 \text{ and } c_2 \text{ and } \dots c_n,$$

где c_i – это (x or y or z), а x, y, z – это переменные или их отрицания.

Говорят, что формула F выполнима (SAT) тогда и только тогда, когда её переменным можно назначить значения «истина» или «ложь», таким образом, что F истинна.

Задача выполнимости булевой формулы относится к классу NP. Она имеет место в применении в таких областях, как авто диагностика, управление полетами в космос, военная логистика, многоагентные системы. Если у нас есть эффективное решение SAT, то возможно очень быстрое решение данных задач.

В результате выполнения работы было предложено несколько вариантов алгоритмов для решения задачи выполнимости булевой формулы. Все предложенные нетривиальные алгоритмы превзошли в результатах по

УДК 004.9

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Н. В. БОЖКОВ, Д. И. МЕЛЬНИКОВ, С. А. ПРОКОПЕНКО,
А. Е. МИСНИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проблема составления расписания учебного процесса в вузах является актуальной. Несмотря на существующие программные продукты, предназначенные для автоматизации этого процесса, продолжает использоваться ручной подход. Это приводит к таким проблемам, как появление накладок, игнорирование пожеланий преподавателей к аудиториям, несбалансированная нагрузка на студентов. Существующие программные решения имеют следующие недостатки: высокая стоимость, отсутствие гибкости настройки, необходимость повторного ввода всей базы данных учебного процесса, если такая уже существует.

В основу разработанной системы положен эвристический алгоритм, на вход которого подается набор правил по расстановке занятий, а также база данных, содержащая информацию о преподавателях, группах студентов, аудиториях и занятиях. Следуя этим правилам, система располагает все занятия в сетке расписания в соответствии с заданными критериями и ограничениями. Оптимальность полученного расписания зависит от сбалансированности заданных правил, а также времени, выделенного на расчеты системой.

Поддерживается возможность редактирования набора правил и подключения модулей с правилами, созданными сторонними разработчиками, что позволяет дорабатывать систему для конкретной задачи. Загрузка данных в систему также вынесена в отдельный модуль – таким образом можно подключить к системе уже существующую базу данных, независимо от ее внутреннего формата хранения информации.

Система разработана с применением технологии .NET 4.5.1, языка C# и подсистемы для построения графических интерфейсов WPF.

Разработанная система составляет близкое к оптимальному расписание в соответствии с заданными критериями, при этом обладает достаточной гибкостью для внедрения ее в любое учебное заведение, простым и понятным интерфейсом. Разработан редактор, который позволяет изменять готовое расписание, защищает пользователя от ошибок пересечения занятий у преподавателей, учебных групп, в аудиториях. В программе имеется возможность работы с внутренней базой данных преподавателей, аудиторий и т. д., если готовая база данных отсутствует у учебного заведения.

Однако до сих пор возникает вопрос об уменьшении времени синтеза композиций с целью снижения их энергоемкости. Эксперименты проведенные с целью ускорения времени синтеза, осуществлялись с помощью индукционного нагрева заранее подготовленной смеси, используя стандартную индукционную печь ИСТ-0,06. Выбор индукционного нагрева был обусловлен снижением времени на разогрев формы, и, как результат, уменьшение времени синтеза и прогнозируемое уменьшение угара легирующих элементов как следствие. Закладка армирующих гранул проводилась в графитовую форму, установленную в индукционную печь.

В результате исследований было выявлено, что материал имеет типичную для литых композиционных материалов, получаемых методами традиционной пропитки, структуру (рис. 1).

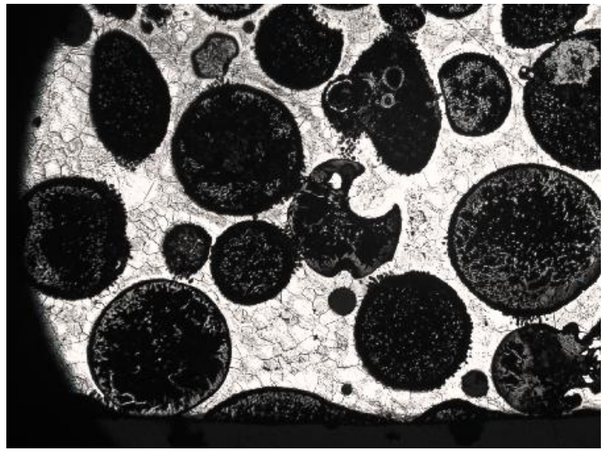


Рис. 1. Общий вид композиционного материала при х50

При этом данная технология позволяет сократить время синтеза композиционного изделия (например, термостабилизационной шпонки 220х45х50 мм с 5 часов, при использовании стандартной схемы нагрева, до 25–35 минут при использовании индукционного нагрева. Однако стоит отметить, что рассматриваемая технология требует дальнейшего изучения и доработки, так как в теле получаемых изделий (особенно в угловых зонах) встречаются места полного проплавления армирующего элемента, что негативно сказывается на эксплуатационных свойствах изделий.

Из материалов, изготовленных по данной технологии, был изготовлен ряд образцов, переданных для дальнейших триботехнических испытаний в Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.

УДК 669.715:66.091.3

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОГО НАНОНАПОЛНИТЕЛЯ SiC-Al_2O_3, ПОЛУЧЕНИЕ АРМИРОВАННОГО ИМ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СПЛАВА АК12М2МгН

А. И. КОМАРОВ, В. И. КОМАРОВА, Д. В. ОРДА
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Алюминий-кремниевые сплавы (силумины), в последнее время достаточно широко применяемые для изготовления поршней ДВС, узлов различных отраслей промышленности, не обладают высокими механическими свойствами в связи с наличием в структуре крупных частиц железо- и медьсодержащих фаз и дендритов твердого раствора. Для улучшения структуры силуминов используют оптимизацию технологических режимов отливки, но наиболее эффективным методом улучшения структурно-фазового состояния остается их модифицирование. При этом, в последнее время в качестве модификаторов все более широкое применение получают микропорошки тугоплавких соединений (TiC, SiC, α-Al_2O_3) [1]. Большой интерес, в качестве модификаторов, представляют керамические тугоплавкие соединения наноуровня, однако применение таких модификаторов затруднено вследствие сложности введения наночастиц в расплавы и обеспечения равномерного распределения частиц в них.

В [2] предложен самопроизвольный способ синтеза композиционных тугоплавких наноструктурированных наполнителей в исходной шихте. При этом тугоплавкие керамические соединения наноуровневого диапазона синтезируются в процессе термической обработки шихты в атмосфере аммиака, водорода и хлора. В качестве исходной шихты используются микропорошки оксидов тугоплавких металлов и реакционноактивных элементов (алюминий, бор, углерод и др.). Вследствие химических реакций, протекающих между элементами базовых и химически активными компонентами микропорошков шихты, протекает синтез керамических наночастиц тугоплавких соединений (карбидов, нитридов, боридов, корунда), химически прочно связанных с базовыми порошками. Полученные предложенным способом наполнители представляют наноструктурированный порошковый композиционный материал, поскольку синтезируемые наноразмерные соединения образуются на поверхности базового порошка или на более крупных синтезируемых частицах. Входящие в них микропорошки выполняют, с одной стороны, функцию подложки, на которой протекают химические реакции образования наноразмерных керамических соединений различной природы, с другой, – носителей этих наночастиц в расплавы. На рис.1, *а* представлен фрагмент дифрактограммы синтезированного композиционного наполнителя на основе микропорошков SiO_2, Al, C. Видно, что состав полученного модификатора представлен образовавшимися *in-situ* SiC, α-Al_2O_3. При этом, согласно данным СЭМ, процесс газофазового осаждения резко изменяет морфологию исходного микропорошка. Вме-

для описания изданий самых разных типов, что позволяет объединить все базы данных в единый каталог; дает возможность устанавливать связи между записями, в т. ч. и между различными видами изданий (для этого существует поле «Взаимосвязанные поля»).

Автоматизированная информационная библиотечная система «ALIS-WEB» (НПФ «ИНЕАК», г. Минск) разработана таким образом, что внутренним машинным форматом представления данных в электронном каталоге является BELMARC. В АБИС «АЛИС-ВЕБ» ведет каталогизацию с января 2010 г. УО «Могилевская областная библиотека им. В. И. Ленина». Сейчас в АБИС «АЛИС-ВЕБ» работают все публичные библиотеки республики, что позволяет им без конвертора обмениваться библиографическими данными.

Корпоративная каталогизация организована следующим образом: выстроена иерархия от районной библиотеки до СЭК библиотек Республики Беларусь. Библиотеками-создателями СЭК являются четыре крупнейшие библиотеки Республики Беларусь: Национальная библиотека Беларуси (НББ), Центральная научная библиотека НАН Беларуси, Республиканская научно-техническая библиотека (РНТБ), Президентская библиотека Республики Беларусь. В СЭК внесены библиографические записи на книги, диссертации, авторефераты диссертаций, документы по стандартизации, аудио- и видеодокументы, периодические издания и др.

Для пополнения собственного электронного каталога (ЭК) областные библиотеки должны взять эталонную запись из СЭК, право создать свою запись у них есть только при ее отсутствии в СЭК, при этом каталогизатор обязан использовать эталонную базу данных авторитетных записей (поля Автор, Ключевые слова, Персоналии). Районные библиотеки импортируют записи из ЭК областной библиотеки, эти записи могут отличаться от взятых из СЭК подходами к систематизации, комплектованию.

Не только Могилевская областная библиотека, но и все районные библиотеки области имеют свои сайты и связь со СЭК. Гомельская и Гродненская областные библиотеки создали региональные сводные электронные каталоги, содержащие библиографические сведения о составе фондов библиотек региона, региональные СЭК имеют общий интерфейс, разработанный НББ и НАН Беларуси, предусмотрено выполнение запроса и заказ. Согласно государственной программе «Культура» это предстоит библиотекам Могилевской области под эгидой Могилевской областной библиотеки.

Научные библиотеки г. Могилева используют различные АБИС: «МАРК SQL» (Белорусско-Российский университет) «LIBER MEDIA» (Могилевский государственный университет им. А. Кулешова), «IRBIS» (Могилевский государственный университет продовольствия), «БИТ 2000» (РНТБ). Возникает техническая проблема конвертации записей библиотек-участников, которую необходимо будет решать.

УДК (378.147:004.9) (07)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ БИБЛИОТЕЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМЫ КОРПОРАТИВНОЙ КАТАЛОГИЗАЦИИ

И. А. БЕККЕР, О. В. СЕРГИЕНКО, А. С. СИДОРЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Сегодня не просто расширяются сферы применения автоматизированных информационных систем (АИС), но и различные АИС кооперируются как в своей предметной области, так и в различных областях в общерегиональные, общегосударственные.

Информационный ресурс библиотек имеет большое значение в научно-исследовательской и учебной работе. Электронные ресурсы научных и публичных библиотек сегодня доступны через сайты библиотек и СЭК (сводные электронные каталоги). Активно развивается корпоративная каталогизация. Но существует проблема: разные автоматизированные библиотечные информационные системы (АБИС) имеют свои собственные машинные форматы данных. Для того чтобы библиотеки, использующие различные АБИС, могли обмениваться компьютерными данными, форматы данных должны соответствовать друг другу. Поэтому кроме внутреннего машинного формата разрабатываются обменные (коммуникативные) форматы. Для перевода данных из одного формата в другой используются программы-конверторы.

За обменный коммуникативный формат для библиотек мира принят универсальный обменный формат для обмена библиографической информацией на машиночитаемых носителях UNIMARC (Библиотека Конгресса США, 1966). UNIMARC создан довольно в общей форме, его набор полей и подполей включает различные варианты использования национальных форматов типа MARC. UNIMARC позволяет описывать различные виды изданий и поддерживает стандарты ISO, относящиеся к обработке информации (для сокращений, ISBN, ISSN).

Белорусский национальный коммуникативный формат представления записей в машиночитаемой форме (BELMARC) издан в 2005 г. Он разработан на основе международного формата UNIMARC и совместим с российским государственным форматом RUSMARC. По сравнению с UNIMARC у BELMARC имеются следующие особенности: некоторые поля международного стандарта не используются, зато добавляются поля национального использования, соответствует формате; вырабатываются правила, определяющие способы применения формата к описанию отдельных типов и видов документов. BELMARC является форматом, пригодным

сто крупных частиц исходного SiO_2 (рис.1, б) синтезируются наночастицы SiC и α-Al_2O_3 в виде нанотрубок и нановолокон (рис. 1, *в*). Синтезируемый наноструктурированный наполнитель имеет состав: 38 мас.%SiC – 50 мас.% α-Al_2O_3 – 8 мас.%C.

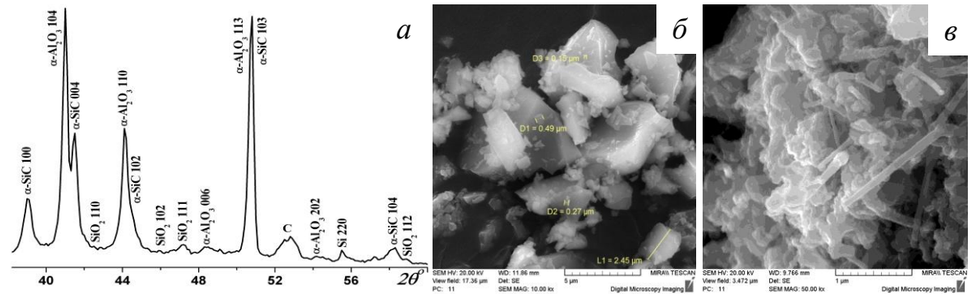


Рис. 1. Дифрактограмма (*а*) и СЭМ-изображение исходного SiO_2 (*б*), нанонаполнителя SiC-α-Al_2O_3 (*в*)

Введение 1 мас.% полученного нанонаполнителя в расплав сплава АК12М2МгН приводит к частичной сфероидизации интерметаллидных фаз (рис. 2, *б*). Увеличение доли SiC-Al_2O_3 до 2 мас.% сопровождается формированием глобулизированных интерметаллидных фаз и разнонаправленной пластинчатой эвтектики (рис.2,*в*). Подобный эффект зарегистрирован и при армировании этого сплава наполнителем TiC-Al_2O_3 [3].

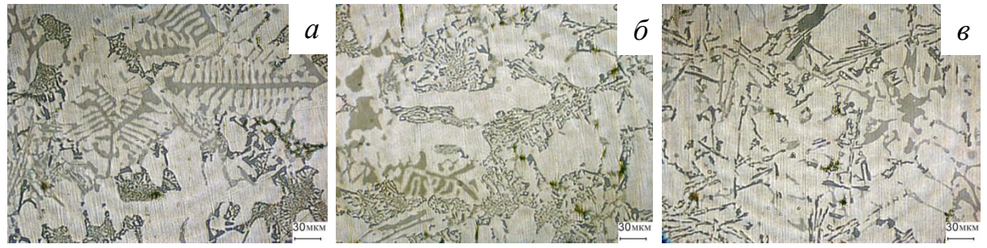


Рис. 2. Микроструктура исходного сплава АК12М2МгН: (*а*) и после модифицированния наполнителем SiC-α-Al2O_3: *б* – 1 мас.%; *в* – 2 мас.%

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Verresh Kumar, G. B.** Studies on Al6061-SiC and Al7075-Al_2O_3 metal matrix composites / G. B. Verresh Kumar, C.S.P. Rao, N. Selvaraj, M.S. Bhagyashekar // Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. – 2010. – Vol. 9, No. 1. – pp. 43–55.

2. **Комаров, А. И.** Синтез наноструктурированных тугоплавких наполнителей, их влияние на структуру и свойства силуминов : монография в 2 т. Перспективные технологии ; под ред. В. В. Клубовича // А. И. Комаров. – Витебск :УО «ВГТУ». – 2015. – Т. 2, гл. 12. – С. 202–223.

3. **Орда, Д. В.** Получение карбидо-корундового наноструктурированного наполнителя, его влияние на структуру и свойства композиционного материала на основе сплава АК12М2МгН / Д. В. Орда // Физико-химия и технология неорганических материалов: сб. материалов XII Российской ежегодной конф. мол. науч. сотр. и асп. (с международным участием). – М. : ИМЕТ РАН. – 2015. – С. 430–431.

УДК 669.716.9

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МДО-ПОКРЫТИЯ, ФОРМИРУЕМОГО ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КАТОДНОГО ДЕПОЗИТА

А. И. КОМАРОВ, Ю. И. ФРОЛОВ, А. С. РОМАНЮК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Одним из эффективных способов улучшения физико-механических свойств поверхности изделий из сплавов алюминия является микродуговое оксидирование (МДО), приводящее к формированию керамических покрытий (КП) с уникальным комплексом свойств. Однако использование традиционных силикатно-щелочных электролитов зачастую не обеспечивает требуемые структурные характеристики покрытий. Согласно результатам исследований [1] добавление наноалмазов в базовые электролиты позволяет интенсифицировать процесс формирования МДО-покрытий с одновременным повышением их свойств. Целью настоящей работы является исследование влияния на структурообразование КП другого вида углерода – катодного депозита (КД), являющегося продуктом производства фуллеренов. Создание КП проводилось на заэвтектическом силумине КС740 с химсоставом, мас.% (Si – 16–18; Cu – 1,8–2,4; Mg – 0,7–1,2; Ni – 1,1–1,7; Mn – 0,6–1,0; Fe – до 0,5; ост Al).

Отметим, что согласно литературным данным, сплавы такого типа представляют собой трудный объект для процесса МДО. Исследование структурно-фазового состояния и микротвердости КП проводилось методами рентгеноструктурного, металлографического и дюрометрического анализов. На рис. 1 приведены микроструктуры КП на образцах из КС740 полученных в базовом (*а*) и модифицированном КД (*б, в, г*) электролитах. Из приведенных микроструктур следует, что модифицирование КП катодным депозитом сопровождается, как и в случае наноалмазов, существенным (в 1,5 –2,0 раза) ростом толщины КП. При этом, наибольший эффект достигается при концентрации КД 750 мг/л (рис. 1, *г*). Последнее свидетельствует об интенсифицирующем влиянии КД на процесс МДО.

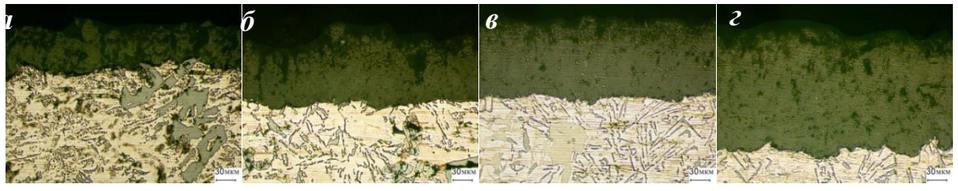


Рис. 1. Микроструктуры КП на образцах из КС740, полученных в базовом (*а*) и модифицированном КД электролите с его концентрацией: б – 250 мг/л, *в* – 500 мг/л, *г* – 750 мг/л

опасных 32 устройств. В этом случае источник питания должен иметь значение максимального выходного напряжения не более 17,5 В или не менее 14 В. Максимальные значения внутренней незащищенной емкости и индуктивности элементов, не снабженных ограничителями тока или напряжения, должны быть не более 5 нФ и 10 мкГн соответственно. Значение максимального выходного тока для любого типа источника питания уровней «ib» FISCO не должно превышать 380 мА. Максимальная выходная мощность не должна быть более 5,32 Вт. При этом в маркировке источников питания FISCO не требуется указывать выходные параметры, а в маркировке полевых устройств и оконечных согласующих устройств FNICO не требуется указывать выходные параметры;

2) использованием искробезопасных концентраторов, объединяющих несколько искробезопасных цепей в отдельный участок, который подключается к центральной системе единым кабелем, а также и интегрированных интеллектуальных датчиков, проводящих измерения нескольких параметров технологического процесса;

3) использованием специальных логико-вероятностных моделей оценки надежности искробезобасной системы в целом. Такие модели позволяют выделить наиболее ответственные участки кабельной инфраструктуры, нуждающиеся в первоочередной диагностике, а также составляют оптимальный с точки зрения взрывобезопасности график групповой диагностики остальной части кабельной инфраструктуры искробезопасной системы;

4) использованием современных интеллектуальных средств и методов диагностики, сокращающих время оценки состояния и определения соответствия параметров кабельной линии требованиям метрологии и искрозащиты;

5) автоматизацией обработки, хранения и анализа результатов проведения испытаний и проверок всех элементов искробезопасных систем, а также автоматизацией документооборота.

Научно-исследовательская лаборатория «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета занимается исследованиям указанных выше и иных направлений модернизации и диагностики искробезопасных систем для предприятий концерна Белнефтехим и Таможенного Союза.

УДК 621.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИСКРОБЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В. Н. АБАБУРКО, Л. Г.ЧЕРНАЯ, *В. Ч. КАНТОР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ
РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)
Могилев, Минск, Беларусь

В системах управления и защиты технологических процессов взрывоопасных нефтехимических производств широко используются искробезопасные системы. Для сложных и больших производств указанные системы включают сотни искробезопасных датчиков с разветвленной и протяженной кабельной инфраструктурой, которой они подключаются к соответствующему присоединенному электрооборудованию (защитным барьерам, измерительным преобразователям, блокам питания и т. п.), установленным за пределами взрывоопасных зон.

Согласно требованиям Технического регламента ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (в частности стандартов ГОСТ 30852.10, ГОСТ 31610.11, ГОСТ IEC 60079-11 и ГОСТ IEC 60079-27) периодически искробезопасные системы должны диагностироваться и проверяться на соответствие условиям искробезопасности. Эти проверки для части элементов искробезопасных систем (датчиков и присоединенного электрооборудования) выполняются в течение технического обслуживания установок без остановки основного технологического процесса. Однако полная проверка состояния кабельной подсистемы искробезопасных цепей, как правило, возможна только при проведении плановых остановок основного технологического процесса при отсутствии взрывоопасных концентраций газовоздушных смесей. В силу небольшого временного промежутка, выделяемого для проведения операций диагностики кабельных линий, и большого количества проверяемых каналов с учетом ограничения на материальные и людские ресурсы эта задача является весьма сложной и неоднозначной с точки зрения обеспечения параметров взрывозащиты.

Оптимизация искробезопасной структуры передачи данных взрывоопасных производств возможна следующими основными методами:

1) сокращением числа кабельных соединений за счет использования концепции искробезопасной полевой шины (FISCO – Fieldbus Intrinsically Safe Concept – искробезопасная система полевой шины) для зон классов «1» и «2» (являющихся наиболее распространенными в нефтехимической отрасли), позволяющих объединять на кабельную систему до искробез-

Согласно данным рентгеноструктурного анализа, состав КП на сплаве непосредственно свидетельствует об интенсифицирующем влиянии КД на процесс МДО. Согласно данным рентгеноструктурного анализа, состав КП на сплаве КС740 представлен высокотемпературным оксидом алюминия α-Al_2O_3 (корунд), обладающим наиболее высокими физико-механическими свойствами, низкотемпературным γ-Al_2O_3 и муллитом $Al_6Si_2O_{13}$. Распределение этих фаз по глубине покрытия представлено на рис. 2 (*а, б, в*). Установлено, что распределение фаз по толщине покрытия неравномерно, наибольшее количество α-Al_2O_3 получено при модифицировании электролита КД ($C_{КД}$=750 мг/л). При $C_{КД}$=0 мг/л преобладающей фазой является γ-Al_2O_3. Доля Q муллита в рабочем слое КП образцов, полученных в модифицированном КД электролите, составляет в рабочем слое (20–70 мкм) до 35 %, а в поверхностных слоя (70–200 мкм) – до 58 %.

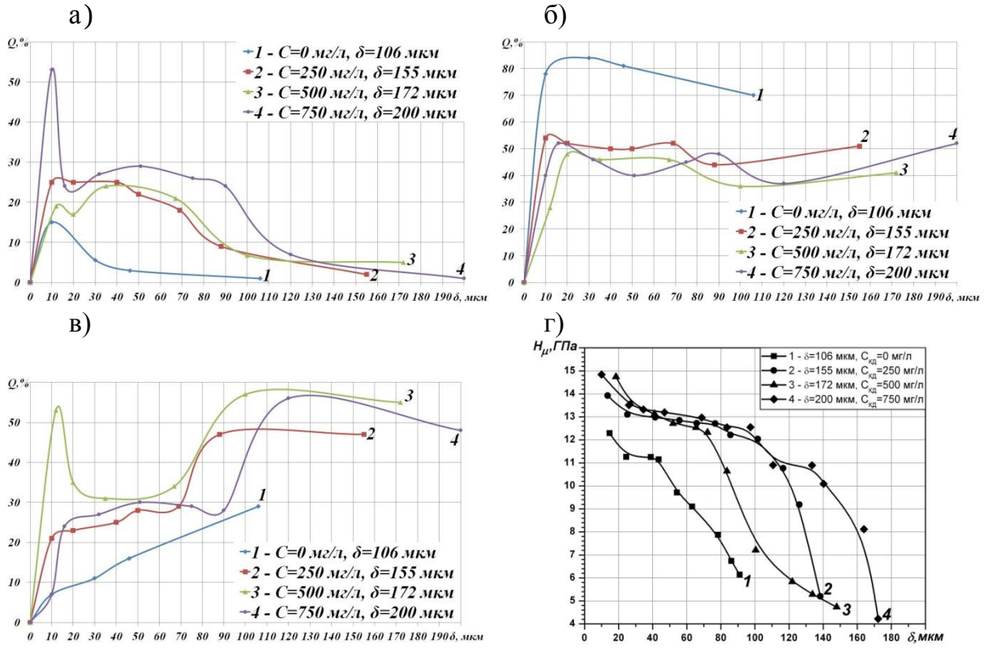


Рис. 2. Распределение фаз и микротвердости в слоях модифицированного КД покрытия

Показано, что характер распределения фаз в слоях КП определяет изменение и величину микротвердости H_μ (рис. 2, *г*). Все образцы, полученные в модифицированном КД электролите, имеют характерные участки с равномерным распределением микротвердости по глубине КП. При этом максимальный уровень H_μ соответствует большому содержанию корунда в КП ($C_{КД}$= 750 мг/л), что в ~ 1,3 раза выше по сравнению с базовым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / П. А. Витязь [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 527 с.

УДК 621.92

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ ЭЛЕКТРОКОРУНДА

М. П. КУПРЕЕВ, Е. Н. ЛЕОНОВИЧ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф. Скорины»
Гомель, Беларусь

Для обработки поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов все большее применение находят высокопористые абразивные круги на керамической связке с повышенными номерами структуры и пористостью. Существующие технологии изготовления высокопористых шлифовальных кругов основаны на добавлении в абразивную массу специального порообразующего наполнителя, в качестве которого может быть использована манная крупа.

Исследовано влияние размеров частиц манной крупы и ее содержание в формовочной массе на поровую структуру и прочностные свойства шлифовальных кругов из среднего зерна (F60) белого электрокорунда.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

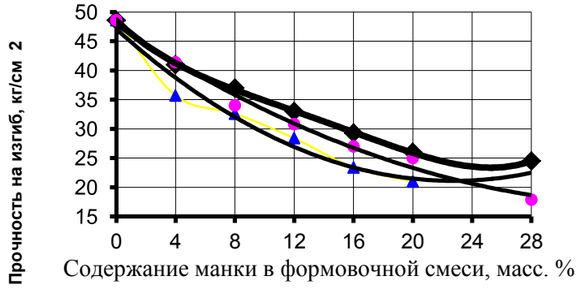


Рис. 1. Графики зависимости прочности на изгиб абразивной композиции из электрокорунда А25 зернистостью F60 (содержание связки С10У – 15 масс. %) от содержания в формовочной смеси манки, при размерах частиц манки: ● – равных размерам частиц абразивного зерна – (средний ряд), ▲ – больше в 2 раза, чем размеры частиц абразивного зерна (верхний ряд), ◆ – меньше в 2 раза, чем размеры частиц абразивного зерна (нижний ряд)

Установлено, что при одинаковом массовом содержании в шихте манки структура абразивной композиции повышается с увеличением размеров частиц манки. Это обусловлено тем, что за счет больших размеров частиц манки при ее выгорании в абразивной композиции образуются большие поры. Поэтому абразивные частицы оказываются слабее связаны связкой и прочность инструмента снижается. При содержании в шихте более 20 % крупной манки, изделия деформируются в процессе обжига, а некоторые рассыпаются. Уменьшение размеров частиц до размеров абразивного зерна и ниже способствует существенному увеличению прочностных свойств

так и объекта измерения и линии связи. Особенно это актуально для искробезопасных систем при наличие системы автоматического определения допустимых параметров искрозащиты (особенно максимальных значений индуктивностей, емкостей и активных сопротивлений линий связи). Такой контроль позволяет не только учитывать достоверность передаваемой информации, но и оперативно отключать систему при несоблюдении требований искробезопасности.

В качестве интеллектуальных исполнительных механизмов наиболее часто используются привода запорной арматуры, регулируемые электропривода насосных и вентиляционных систем, системы электрического обогрева. Интеллектуальность таких устройств в основном связана с: диагностикой, как собственного состояния, так и устройств механической части; поддержанием безопасного теплового режима функционирования; с оптимальным энергопотреблением; оперативным и гарантированным перекрытием магистралей с взрывоопасными смесями и составами.

Интеллектуальные системы преобразования интерфейсов обеспечивают селективность переключения основных и резервных информационных каналов, дублируют контроль параметров искрозащиты присоединённого электрооборудования и кабельных магистралей для искробезопасных систем.

Вычислительные (процессорные) модули интеллектуальных систем реализуются на основе нейропроцессорных комплектов, параллельных вычислительных систем, гибридных систем и систем нечеткой логики (fuzzy logic). Основой их функционирования является постоянно обучающаяся интеллектуальная модель или совокупность моделей контролируемого технологического процесса или производства, используемая для контроля и оптимизации технологических процессов. При построении таких моделей используются логико-вероятностные, генетические, иммунные и эволюционные алгоритмы, а также элементы нечеткой логики при функционировании в области достаточной неопределенности.

Интеллектуальные системы ПАЗ при более высокой стоимости обеспечивают более высокий уровень безопасности, который при этом окупается за счет сокращения числа ложных отключений и уменьшения убытков от простоя и восстановления технологических процессов.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В. Н. АБАБУРКО, Л. Г. ЧЕРНАЯ, *В. Ч. КАНТОР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ
РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)
Могилев, Минск, Беларусь

Системы противоаварийной защиты (ПАЗ) являются обязательной частью современных взрывоопасных производств на предприятиях нефтехимической промышленности. Как правило, существующие системы ПАЗ хорошо справляются в случаях заранее спрогнозированных аварийных ситуаций, возникновение которых связано с техническим отказом или аномальной работой контролируемого технологического оборудования или ошибками оперативного персонала. Однако классические системы ПАЗ не всегда адекватно реагируют на возникающие внештатные ситуации. Последние связанны с трудно прогнозируемым сочетанием редко встречающихся опасных факторов, природными катаклизмами, техногенными катастрофами, саботажем персонала или прямой террористической деятельностью. Указанные ситуации ранее не учитывались при построении классических систем ПАЗ в силу ограниченных ресурсов аппаратной части использованных для них вычислительных систем и достаточно «жесткими» алгоритмами программного управления. В результате возникшей неопределенности классические системы ПАЗ наиболее часто отключают сложные технологические установки, вызывая их простой, вместо внесения корректив в алгоритм и перехода на более безопасный уровень функционирования. Другой крайней ситуацией является запоздалая реакция классической системы ПАЗ на возникшее опасное сочетание параметров, которая может привести к взрыву.

Развитие аппаратной части систем искусственного интеллекта предоставляет возможность построения систем противоаварийной защиты на основе нейронных и иных интеллектуальных систем. Основными интеллектуальными элементами таких систем являются датчики, блоки преобразования интерфейсов, исполнительные механизмы и вычислительные модули.

Первыми представителями интеллектуальных устройств ПАЗ стали взрывозащищенные интеллектуальные датчики производства Emerson и иных фирм. Их отличительной особенностью является высокая точность измерения, наличие функций диагностики состояния, как самого датчика,

абразивной композиции (на 10–20 %). При этом изделия не деформируются даже при содержании в шихте 28 % манки.

Изготовлены экспериментальные образцы шлифовальных кругов из белого электрокорунда на легкоплавкой керамической связке и проведены их испытания в условиях производства на ОАО "МТЗ" (табл. 1). Эти круги имеют повышенную пористость (8-я структура) и при их изготовлении в формовочную массу введена манная крупа с размерами частиц 0,32–0,5 мм в количестве 4 % по массе.

Табл. 1. Результаты производственных испытаний

№ опыта	Изготовитель шлифовальных кругов	Параметры шлифовального круга	№ шлифовального круга	Количество обработанных деталей, шт
1	ГГУ им. Ф. Скорины	1 32х32х10 25А 40 С1 6К 35м/с 1-2 А Изготовлен без порообразующего наполнителя	2 круга	35 (среднее)
1	ГГУ им. Ф. Скорины	1 32х32х10 25А 40 СТ1 6К 35м/с 1-2 А Изготовлен без порообразующего наполнителя	3 круга	15 (среднее)
1	ГГУ им.Ф. Скорины	1 32х32х10 25А 40 СМ1 8К 35м/с 1-2 А	1 2	48 52
		1 32х32х10 25А 40 СМ1 8К 35м/с 1-2 А Круг пропитан в растворе бакелита	3	14
2	ГГУ им. Ф. Скорины	1 32х32х10 25А 40 С1 8 К 35м/с 1-2	1 2	55 32
		1 32х32х10 25А 40 С1 8 К 35м/с 1-2 Круг пропитан в растворе бакелита	3	84
3	ГГУ им.Ф. Скорины	1 32х32х10 25А 40 СТ1 8 К 35м/с 1-2 А	1 2	50 36
		1 32х32х10 25А 40 СТ1 8 К 35м/с 1-2 А Круг пропитан в растворе бакелита	3	134
4	Волжский абразивный завод	1 32х32х10 25А 40 С 8 К 35м/с 1-2 А	4 круга	10 (средняя стойкость)
5	ЧУП "АЗИД"	1 32х32х10 25А 40 С 8 К 35м/с 1-2 А	5 кругов	15 (средняя стойкость)
6	ООО "Техномир" (Челябинск)	1 32х32х10 25А 40 С 8 К 35м/с 1-2 А	1	17

Испытания показали, что изготовленный по разработанной технологии абразивный инструмент повышенной пористости отличается высокой режущей способностью и по стойкости в 3...10 раз превышает инструмент, производимый в Беларуси и России по традиционной технологии.

Разработан лабораторный технологический процесс на изготовление высокопористых шлифовальных кругов из электрокорунда с использованием манной крупы в качестве порообразующего наполнителя.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ»
Могилев, Минск, Беларусь

Известно, что термическая обработка механически легированных материалов оказывает существенное влияние на их фазовый состав и свойства. Структура частиц, а так же их твердость, заметно влияют на качество формируемых газотермических покрытий, и, в первую очередь, на их пористость. Исходя из этого, целью работы являлось установление влияния термической обработки синтезируемых порошковых материалов на основе железа и никеля на их структуру и твердость. Исследования проводились на композициях, основой которых являлись системы Fe – Ni – Cr – C, Fe – Cr – C, Fe – Al, Ni – Al.

Влияние термической обработки на твердость частиц.

Твердость частиц наносимого материала является одной из важнейших характеристик, отвечающих за получение покрытий с высоким комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, включая их твердость, прочность, износостойкость и т. д. Для установления влияния термической обработки исследуемых порошков на данную характеристику, материалы подвергались отжигу при температурах от 100 до 900 °С в течение 2 ч в защитной среде аргона.

Полученные результаты показали, что изменение твердости частиц порошковых материалов на основе систем Fe – Cr – C и Fe – Ni – Cr – C носит схожий характер. В интервале нагрева 100–300 ºС происходит постепенный ее рост, с достижением максимального значения при температуре 300 ± 20 ºС. Дальнейшее повышение температуры ведет к ее снижению.

Увеличение содержания в композициях системы Fe – Cr – C как углерода, так и хрома, приводит к повышению максимального значения твердости активизируемого нагревом (Fe –13 % Cr –0,4 % C – 680 HV; Fe – 18 % Cr – 0,95 % C – 830 HV), а так же росту жаропрочности частиц (Fe – 13 % Cr – 0,4 % C – 420 HV; Fe – 18 % Cr – 0,95 % C – 475 HV, при температуре отжига 900 ºС). Данный факт объясняется тем, что увеличение содержания хрома и углерода способствует росту количества упрочняющих фаз в конечном продукте в виде карбидов и оксидов, завершение процесса образования которых и активизируется термическим воздействием.

Зависимость изменения твердости частиц от температуры отжига материалов системы Ni – Al аналогичны композициям рассмотренным выше.

величина дефекта и меньше глубина его залегания, тем шире зона уверенного обнаружения внутренних дефектов в образце. Границы этих зон могут находиться по разные стороны плоскостей, совпадающих с внутренними гранями полюсов электромагнита.

При контроле крупногабаритных объектов пленку располагают на их поверхности в межполюсном пространстве электромагнита, а во избежание помех, обусловленных внешним полем, расстояние между полюсами электромагнита при толщине стенки объекта 30 мм должно быть не менее 200 мм. При этом пленка и электромагнит находятся с одной стороны объекта контроля. Для удобства наблюдения индикаторных рисунков дефектов на пленке высоту полюсов электромагнита следует увеличить.

В этом случае поверхностные трещины обнаруживаются в части объекта, ограниченной плоскостями, совпадающими с внутренними гранями полюсов электромагнита. Это происходит потому, что магнитные частицы пленки вблизи полюсов электромагнита, в отличие от магнитопорошкового метода контроля, не удаляются пондеромоторной силой вследствие неоднородного поля, т. к. находятся в геле, помещенном в небольшие капсулы, и могут перемещаться только в пределах капсул. Однако в объекте возникают зоны нечувствительности к внутренним дефектам. Эти зоны примыкают к плоскостям, которые совпадают с внутренними гранями полюсов электромагнита, и становятся тем шире, чем больше глубина залегания дефекта, меньше его величина и напряженность намагничивающего поля. Зоны нечувствительности обусловлены тем, что нормальная составляющая внешнего поля возле полюсов электромагнита значительно больше тангенциальной компоненты. Поэтому тангенциальная составляющая поля рассеяния дефекта слабо влияет на ориентацию магнитных частиц в пленке.

Установлено также, что разрешающая способность метода контроля при обнаружении внутренних дефектов возрастает с увеличением режима намагничивания и уменьшением глубины залегания дефекта. Дефекты наружной поверхности выявляются раздельно при минимальном расстоянии друг от друга. Чувствительность метода контроля составляет 8–10 % от глубины залегания несплошности при обнаружении протяженных внутренних дефектов и дефектов внутренней поверхности в стальном литье, если контроль производят без предварительной механической подготовки поверхности объекта при отсутствии на ней шлака, нагара, бугристости, брызг расплавленного металла. Минимальное раскрытие трещин, обнаруживаемых с помощью визуализирующей магнитные поля пленки, составляет около 4 мкм.

УДК 620. 179. 14

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНКИ

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

Все объекты контроля можно условно разделить на следующие группы:

– изделия, в которых по статистическим данным наблюдаются наружные дефекты сплошности (поверхностные и подповерхностные);

– объекты малых и средних габаритных размеров; их необходимо контролировать на наличие наружных, внутренних и сквозных дефектов;

– крупногабаритные объекты, в которых несплошности могут находиться на произвольной глубине.

Дефектоскопия таких объектов может существенно отличаться.

Если контролю подлежит поверхностный слой детали, то намагничивание объекта вместе с уложенной на его поверхность пленкой, визуализирующей магнитные поля, целесообразно производить постоянным магнитом, перемещаемым над пленкой. В этом случае поверхностным и подповерхностным трещинам будут соответствовать на пленке четкие индикаторные рисунки, повторяющие их контуры и конфигурацию. Так контролируют объекты разных размеров, включая их труднодоступные места.

Намагничивание объектов средних габаритных размеров при дефектоскопии следует осуществлять, уложив их непосредственно на полюсы электромагнита с П-образным сердечником. Для намагничивания участков у краев объекта целесообразно использовать вспомогательные технологические пластины. При этом индикаторные рисунки дефектов на пленке будет удобно наблюдать, т.к. пленка располагается с наружной стороны объекта, а электромагнит – с внутренней. Контроль таких изделий более прост, чем крупногабаритных, еще и потому, что зона удовлетворительной выявляемости дефектов в изделии в этом случае шире и отсутствуют помехи, обусловленные внешним полем. Границы зон уверенного обнаружения поверхностных и части внутренних дефектов будут располагаться над полюсами электромагнита. Ухудшение обнаружения поверхностных дефектов, находящихся на большем расстоянии от этих границ, объясняется резким уменьшением тангенциальной составляющей напряженности намагничивающего поля на этих участках. Положение границ зон уверенного обнаружения внутренних дефектов зависит от их величины и глубины залегания, а, следовательно, и от толщины стенки объекта. Чем больше

Отличительной особенностью является существенный рост твердости и жаропрочности материала с увеличением количества алюминия в композиции. Так для материала состава Ni – 5 % Al, обработанного в течение 8 часов, максимальная твердость составляет 480 HV, значение которой снижается после отжига при температуре 900 ºС до 405 HV. Наибольшая твердость частиц материала Ni – 15 % Al, полученного при тех же условиях, составляет 525 HV, а ее значение, в результате выдержки при 900 ºС, практически не изменяется. Данное явление можно объяснить тем, что с увеличением количества алюминия, в материале возрастает содержание интерметаллидов, а так же оксидов алюминия, наличие которых обусловлено окисленной поверхностью частиц исходных компонентов.

При введении в композиции на основе системы Ni – Al оксидов с низкой термодинамической стабильностью, являющихся поставщиками кислорода и необходимых для синтеза упрочняющей фазы, наблюдается существенное увеличение температуры отжига, при которой частицы достигают максимального значения твердости. Так для материала состава Ni – 10 % Al – 3,2 % Ni_2O_3 температура, при которой частицы обладают наибольшей твердостью, находится в интервале 400–450 ºС, а для композиции, содержащей 9,6 % Ni_2O_3, она составляет 580–630 ºС.

Изменение твердости частиц порошков на основе системы Fe – Al носит характер схожий с никель-алюминиевыми композициями**.**

Влияние термической обработки на структуру частиц.

Порошковые материалы подвергались отжигу при температуре 900 °С в течение 2 ч. В качестве защитного газа так же использовался аргон.

В процессе механического легирования обрабатываемая в механореакторе композиция проходит несколько стадий, которые включают начальное измельчение и гомогенизацию исходных компонентов, образование активных поверхностей, объединение мелких осколков в гранулы, а так же объединение нескольких частиц в конгломераты.

Термическая обработка рассматриваемых композиций не оказывает принципиального влияния на микроструктуру частиц. Можно отметить, что в результате нагрева происходит проявление границ, по которым образовались конгломераты. В ряде случаев отжиг приводит к проявлению слоистой структуры частиц, наличие которой обусловлено процессами, протекающими в ходе формирование частицы в механореакторе. Положительное влияние на их структуру, в этом отношении, оказывает увеличение времени механосинтеза.

Отжиг композиций, в состав которых дополнительно вводили соединения, являющиеся поставщиками кислорода, не оказывает существенного влияния на структуру формируемых гранул. В результате нагрева этой группы материалов происходит незначительное увеличение их неоднородности, наиболее явно отражающееся на композициях систем Fe – Ni – Cr – C.

УДК 621.762

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ МАШИНА ТРЕНИЯ

И. А. ЛОЗИКОВ, В. В. СОЛОНОВИЧ, К. М. УСОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из наиболее сложных вопросов в современной трибологии является оценка свойств конструкционных фрикционных, антифрикционных и смазочных материалов. Экспериментальные исследования проводят на машинах трения самых разнообразных типов, число которых уже с большим трудом поддается какому-либо учету и может составить на сегодня десятки, а быть может, и сотни наименований. В процессе создания триботехнических технологий и материалов, а также оценки возможности использования уже существующих в новых специфических условиях эксплуатации машин, как правило, возникает необходимость разработки новых исследовательских методов, устройств и приспособлений.

Вопрос воспроизводимости и сопоставимости результатов при испытаниях на разных типах установок и машин трения стоит достаточно остро. Данные, полученные на разных испытательных установках, значительно различаются, что затрудняет их анализ и сравнение. Факторами, ответственными за разброс результатов, являются коэффициент взаимного перекрытия, уровень вибраций самой испытательной установки и ряд других причин. Поэтому вопросы качества испытаний, минимального разброса получаемых результатов являются определяющими для многих разделов трибологии. Кроме того, многие пары трения работают под напряжением и подвергаются, наряду с механическим, электроэрозионному износу.

Целью данной работы являлась модернизация серийной машины трения 2070 СМТ-1 и разработка приспособления, позволяющего расширить ее возможности и проводить испытания материалов не только на трение и износ, но также на электроэрозионную стойкость.

Модернизация машины трения заключалась в замене морально и физически устаревших контрольно-следящих приборов на современные измерители-регуляторы ТРМ-1 и SCADA-системы OWEN PROCESS MANAGER, позволяющие не только более точно оценивать поступающие данные, но и сразу проводить их обработку на ПЭВМ, что дает возможность:

– производить моделирование сети на мониторе ПК;

– вести постоянный контроль работы приборов;

– регистрировать на ПК через заданные промежутки времени данные с выбранных каналов приборов;

– отображать текущие показания приборов в цифровом или графическом виде на экране ПК;

лученное наложением двух интерферограмм (рис. 1, в) $I(x,y) = I_1(x,y) + I_2(x,y)$ не зависит от распределения $\alpha(x,y)$ и может быть использовано для определения разности фаз в каждой точке стекла и, учитывая ее взаимосвязь с напряжением, определения механических напряжений [4].

(а) (б) (в)

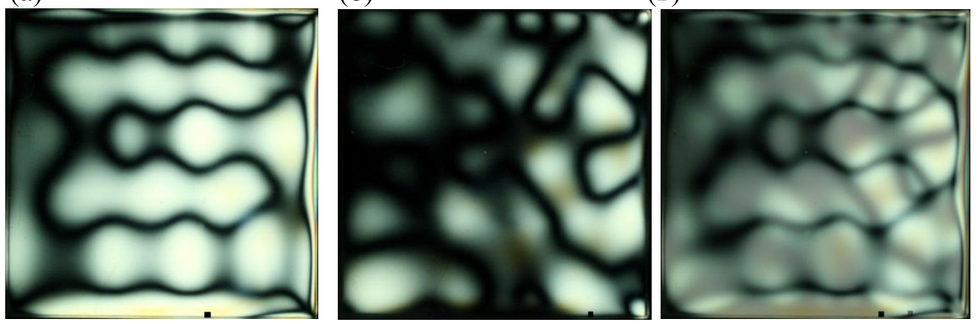


Рис. 1. Поляризационная интерферограмма (в), полученная наложением зарегистрированных распределений (а) и (б)

Представленный метод, названный авторами поляризационной интерферометрией, во многом совпадает с голографической интерферометрией и спекл-интерферометрией: используются близкие оптические схемы и по существу подобные результаты измерений в виде интерферограмм. Отличие состоит в том, что в предлагаемом методе накладываются поляризационные интерферограммы, запись и сопоставление таких распределений, осуществляемые с помощью компьютера, выявляет изменения в характеристиках объекта в виде такой же интерферограммы, причем с высокой точностью.

Таким образом, поляризационная интерферометрия представляет собой новый метод исследования напряженных состояний в упругих телах, в котором объединены подходы голографической интерферометрии, разработанной для анализа остаточных напряжений, с преимуществами современной компьютерной техники. Предложенный подход позволяет из наложенных двух поляризационных интерферограмм определить величину двулучепреломления Δ(x,y) при любой ориентации образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Биргер, И. А.** Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М. – 1963.

2. **Чернышев, Г. Н.** Полезные и опасные остаточные напряжения / Г. Н. Чернышев, А. Л. Попов, В. М. Козинцев // Природа. – 2002. – №10. – С. 17–24.

3. Оптические свойства кристаллов / А. Ф. Константинова [и др.]. – Минск : Наука и техника. – 1995. – С 88–94.

4. **Миндлин, Р.** Изучение напряжений методом фотоупругости / Р. Миндлин // УФН. – 1940. – Т. 23. – № 1. – С. 16–66.

УДК 621.658.011

ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА

А. В. ХОМЧЕНКО, И. У. ПРИМАК, А. Н. ВАСИЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Отсутствие эффективных способов измерения остаточных напряжений осложняет управление технологическими процессами производства, например, закаленных стекол. В настоящее время существует ряд методов измерения механических напряжений, описание которых можно найти в [1]. Метод голографической интерферометрии, основанный на наложении двух голограмм объекта, позволяет регистрировать изменения напряженного состояния объекта. Но процесс записи и обработки голограмм довольно сложен и трудоемок. С использованием современной цифровой системы фоторегистрации, подключенной к персональному компьютеру, появился новый метод, называемый электронной спекл-интерферометрией, который использует электронную фотографию светового пучка, отраженного от объекта [2]. Запись и сопоставление двух таких картин выявляют изменения в характеристиках анализируемого тела как и в голографическом методе.

Поляризационно-оптический метод, основанный на регистрации обусловленной напряжениями анизотропии оптических свойств материала, позволяет получить изображение всего поля напряжений в плоскости стекла, являющееся интерферограммой поляризованных пучков. Линейно поляризованный свет, пройдя через исследуемое стекло, в котором присутствуют механические напряжения, меняет состояние поляризации, проходит через анализатор и попадает в фоторегистрирующее устройство. При этом регистрируемая интенсивность света (рис. 1) является функцией двух координат, зависит от ориентации образца относительно поляризатора и определяется как [3]:

$$I(x,y) = I_p T(\cos^2\chi - \sin 2\alpha \cdot \sin(2(\alpha-\chi))\sin^2\frac{\delta}{2},$$

где $I = I(x,y)$; $I_p = I_p(x,y)$ – интенсивность света на выходе из поляризатора; $T=T(x,y)$ – коэффициент, учитывающий отражение света от поверхностей стекла; $\alpha = \alpha(x,y)$ – угол между оптической осью и плоскостью пропускания поляризатора; χ – угол между поляризатором и анализатором; $\delta = \delta(x,y)$ – разность фаз между обыкновенной и необыкновенной волнами.

При контроле распределения величины двулучепреломления в плоскости протяженного объекта исследуемое распределение интенсивности прошедшего света измеряют для произвольной ориентации I_1 (рис. 1, а) и после поворота на угол 45^0 I_2 (рис. 1, б). Вычисляемое распределение, по-

– получать сообщения о выходе контролируемых величин за заданные границы; просмотреть архив измерений за любой промежуток времени в табличном и графическом виде с помощью подсистемы OWEN REPORT VIEWER.

Для испытания образцов на электроэрозионный износ требовалось осуществить подвод электрического тока к испытываемым образцам, что привело к необходимости как изменения конструкции испытательной камеры машины трения, так и к разработке принципиально новой схемы испытаний материалов, отличной от применяемых ранее.

В целях апробации модернизированной машины провели сравнительные испытания на износ и электроэрозионную стойкость разных материалов электротехнического назначения – как широко применяемых классических (М1, БрХ, БрХЦр), так и материалов нового поколения (дисперсно-упрочненный композиционный материал на основе меди (ДУКМ Cu-Cr-Zr) и модифицированные хромовые и хромоциркониевые бронзы).

Полученные результаты позволили сделать вывод о значительной эффективности проведенной конструктивной разработки и предложенной методике испытаний. Экспериментальные данные отличаются малым разбросом значений и высокой воспроизводимостью. Так же было установлено, что наилучшими свойствами износостойкости и электроэрозионной стойкости среди исследованных сплавов обладают: дисперсно-упрочненный сплав на основе меди – ДУКМ (Cu-Cr-Zr), модифицированные хромовые и хромоциркониевые бронзы. Их износостойкость и электроэрозионная стойкость превышает соответствующие свойства классических сплавов на основе меди (Ml, БрХ, БрХЦр) в 3 и 2,5 раза соответственно.

УДК 621.821: 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ ЛИТОЛ- 24 С ПРИСАДКОЙ ФТ-3М

В. Г. ПИНЧУК, Н. А. АЛЕШКЕВИЧ, С. В. КОРОТКЕВИЧ,
В. В. КРАВЧЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф. Скорины»
Гомель, Беларусь

В рамках определения оптимального состава присадок и наполнителей к базовым смазочным материалам, используемым в узлах трения энергетического оборудования, была разработана композиционная смазка, обладающая более высокими триботехническими свойствами и возможностью обеспечения энерго- и ресурсосбережения эксплуатируемых машин и механизмов. Для приготовления смазки использовался мелкодисперсный политрифторхлорэтилен (фторопласт Фт-3М) 3 масс. % , который добавляли в базовую пластичную смазку Литол-24 (ГОСТ 21150-87). Именно такое содержание присадки Фт-3М в базовой смазке обеспечивает оптимальные триботехнические свойства и способствует формированию прочно связанного с поверхностью металла хемосорбированного слоя с армирующими и противозадирными свойствами.

Лабораторные триботехнические испытания разработанного смазочного материала осуществлялись с использованием ряда установок: машин трения СМТ-1, АЕ-5 и четырехшариковой машины трения (ЧШМ). В результате проведенных испытаний установлено, что добавка в базовую смазку 3 масс. % присадки Фт-3М приводит к снижению изнашивания в четыре раза в области нагрузок 800–1000 Н, при которых эксплуатируются опоры качения энергетического оборудования, и увеличению критической нагрузки с 490 до 980 Н.

Испытание противоизносных свойств на машине трения АЕ-5 показало, что при введении в базовую смазку 3 масс. % Фт-3М, степень износа сопряжённой пары уменьшилась по сравнению с базовым смазочным материалом в два раза для бронзы и почти на порядок для стали. Эффективность действия присадки Фт-3М существенно выше в области относительно высоких, порядка 1000 Н, контактных давлений. По мнению авторов, при высоком давлении и температуре молекулы мелкодисперсных частиц политрифторхлорэтилена с химически активными атомами хлора и фтора взаимодействуют своими концевыми группами с молекулами присадок, содержащихся в базовом пластичном смазочном материале и формируют на пятнах фактического контакта сопряжённых тел защитный хемосорбированный слой с высокими прочностными свойствами.

Оценки электрического сопротивления прозрачного резистора для различных образцов составляли от (3–5) Ом/см до (0,4–0,5) Ом/см. Сопротивление 0,5 Ом/см для образца стеклопакета размером 30×30 см обеспечивает рассеиваемую мощность порядка 5 Вт/дм^2. Наблюдаемое неоднородное распределение сопротивления слоя (рис. 1) обуславливает некоторую неоднородность тепловых полей (рис. 2), что нивелировалось подбором сопротивления токопроводящей шины, равного $R_{пр}$= 0,12 Ом (< $R_{покр}$ / 100).

Стеклопакет с удельной электрической мощностью от 500 до 2000 Вт/м^2 способен разогреть стекло до температуры 150 ºС. При этом все они выполнены из закаленного стекла, иначе температурные перепады, возникающие в процессе работы обогрева, могут разрушить стекло, так для отожженного стекла вероятность разрушения возникает при перепаде температур уже в 50 ºС. В связи с этим необходим учет напряженного состояния нагреваемого стекла. Из анализа результатов следует, что максимальные напряжения, возникающие при нагреве стеклопакета, не достигают значений, сравнимых с прочностью стекла (рис. 3).

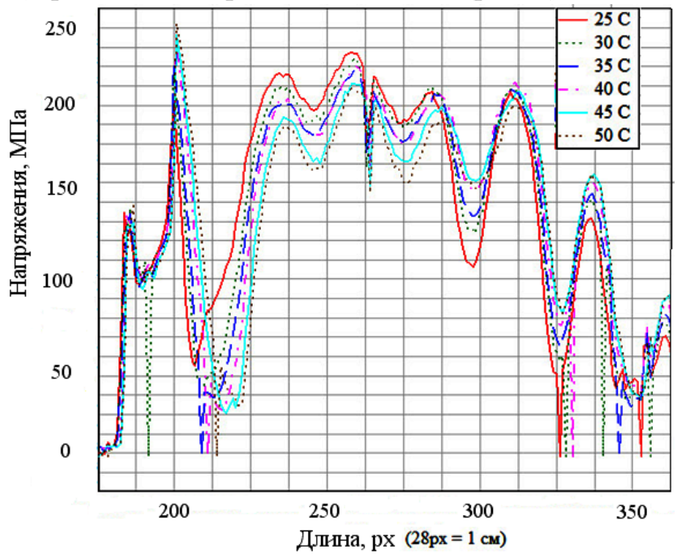


Рис. 3. Напряжения в наружном стекле стеклопакета при разной температуре

Анализ свойств нагреваемого стекла с токопроводящим слоем позволяет определить максимальную температуру нагрева стекла, при которой действующие напряжения не могут привести к разрушению нагреваемого стекла.

Использование низкоэмиссионного покрытия на стекле в качестве электрообогревателя позволяет поддерживать заданную температуру стеклопакета и обеспечивать наблюдение за дорогой при плохих метеоусловиях.

УДК 621.3.002.5:64:658.382.3:006.354

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРООБОГРЕВАЕМЫХ СТЕКЛОПАКЕТОВ

А. В. ХОМЧЕНКО, А. Н. ВАСИЛЕНКО, С. О. ПАРАШКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Применение стеклопакетов с электрообогревом позволяет выровнять температуру стекла и помещения, обеспечивая соответствующий уровень теплозащиты. Такие стеклопакеты создают на основе стекол с нанесенным электропроводящим покрытием, способным нагреваться при пропускании электрического тока. Выпускаемые серийно стекла с низкоэмиссионными покрытиями имеют значения удельного поверхностного сопротивления в диапазоне 5–300 Ом/кв, покрытия с сопротивлением 4–10 Ом/кв. наилучшим образом подходят для изготовления обогреваемых изделий. К качеству нанесения токопроводящих шин также предъявляются особые требования. Сопротивление шин $R_{пр}$ выбиралось из условия $R_{пр} < R_{покр} / 100$, здесь $R_{покр}$ – сопротивление проводящего покрытия.

Измерение мощности обогреваемых стеклопакетов при рабочей температуре выполнено методом сопротивления.

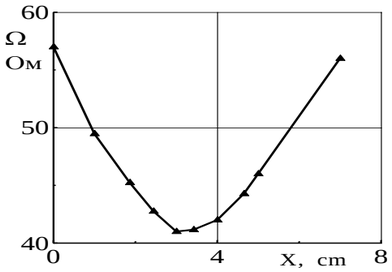


Рис. 1. Распределение сопротивления покрытия вдоль поверхности стекла

Сопротивление нагревательного тонкопленочного элемента составило 12 Ом при токе 2,5 А (U = 24 В).

(а) (б)

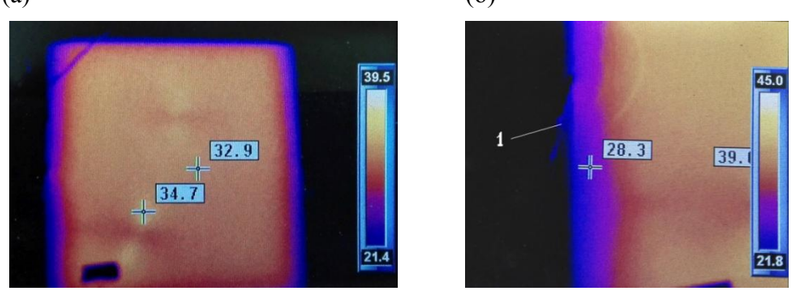


Рис. 2. Температурные поля для стеклопакета в целом (а) и вблизи площадки электрического контакта (б)

Известно, что фторсодержащие присадки и металлорганические антифрикционные препараты в зоне фрикционных сопряжений реализуют механизм локальных поверхностных реакций. Продуктами реакции заполняются интрузии и залечиваются поверхностные дефекты, что в конечном итоге, повышает износостойкость поверхностного слоя. Применение таких присадок позволяет формировать в поверхностных слоях металла мелкодисперсную ячеистую структуру (наноструктуру) с размером блоков порядка 10^{-2} мкм, квазиравномерно распределённых по объёму поверхностного слоя. Эти нанокристаллические и субмикроскопические фрагменты микроструктуры обуславливают высокую прочность и износостойкость, ввиду отсутствия локализованных концентраторов напряжений, а микроячеистая сотовая структура эффективно удерживает смазку. Кроме того, действие поверхностно активных веществ, содержащих фтор, приводит к насыщению фрикционно-нагруженных поверхностных слоев “длинными” фторсодержащими молекулами, армирующими материал этих слоёв и повышающих их антифрикционные свойства.

Установлено, что добавка в Литол-24 мелкодисперсного фторопласта (Фт-3М) в количестве 3 масс. % приводит к значительному замедлению роста плотности дислокаций (примерно в 4 раза) и, соответственно, к более длительному сохранению прочностных свойств поверхности металлов.

Результаты лабораторных испытаний показали, что присадка-наполнитель Фт-3М эффективно работает в тяжело нагруженных узлах трения. Поэтому для натурных испытаний в качестве узлов были взяты подшипники качения электродвигателя типа 4А225М6, мощностью 37 кВт, вращающего вентилятор типа Ц4-76. Смазка набивалась в подшипники качения двигателя и проводились испытания в течение четырёх дней по восемь часов непрерывно. При этом регистрировалось потребление электроэнергии поверенным электросчетчиком с погрешностью 0,2 %.

В результате экспериментальных испытаний установлено, что добавка модифицированного фторопласта марки Фт-3М незначительно увеличивает температуру подшипниковых узлов, однако, существенно снижает (на 2–3 %) потребление электрической энергии и значительно снижает уровень вибрации.

Анализ результатов лабораторных и стендовых испытаний позволил выработать оптимальный композиционный состав на основе пластичной смазки Литол-24 с присадкой-наполнителем Фт-3М, который можно использовать в узлах трения энергетического оборудования. Применение разработанной смазочной композиции в массовых масштабах способно повысить долговечность и надёжность узлов трения, снизить энергопотребление соответствующих машин и механизмов. На основании результатов исследования разработан проект технических условий на смазку композиционную “Литол-24–Фт-3М”.

УДК 621.821: 621.316

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ НА РУП «ГОМЕЛЬЭНЕРГО» ЗА СЧЁТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ СМАЗОК

В. Г. ПИНЧУК, *С. В. КОРОТКЕВИЧ, *С. О. БОБОВИЧ,
Н. А. АЛЕШКЕВИЧ, В. В. КРАВЧЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф. Скорины»
*РУП «ГОМЕЛЬЭНЕРГО»
Гомель, Беларусь

В рамках определения оптимального состава присадок и наполнителей к базовым смазочным материалам был разработан состав пластичной смазки, обеспечивающий более высокие триботехнические свойства, путём тщательно выбранного оптимального компонентного состава.

Для приготовления смазки использовался мелкодисперсный и модифицированный политрифторхлорэтилен (Фт-3М) 3 вес. %, который добавляли в базовые пластичные смазочные материалы: Литол-24 и ЦИАТИМ-201. Содержание 3 вес. % Фт-3М и 1 вес. % антиокислительной присадки дифениламина (ДФА) в базовые смазки обеспечивает оптимальные триботехнические свойства.

Оценка триботехнических свойств разработанных композиций осуществлялась с использованием ряда лабораторных установок: машины трения СМТ-1, АЕ-5 и четырехшариковой машины трения (ЧШМ).

В результате проведенных триботехнических испытаний установлено, что добавка в базовую смазку Литол-24 присадки Фт-3М и ДФА приводит к снижению изнашивания в четыре раза в области нагрузок 800–1000 Н, при которых эксплуатируются опоры качения энергетического оборудования и увеличению критической нагрузки с 500 до 1260 Н.

Противоизносные свойства исследуемых смазок, испытываемые на машине трения АЕ-5, показали, что при введении добавки Фт-3М, износ сопряжённой пары (Сч-21 – БрОЦС 5-5-5) уменьшился по сравнению с базовым смазочным материалом в два раза для бронзы и в 5–6 раз для стали (Ст 45 – Ст 45). Эффективность действия присадки Фт-3М находится в области относительно высоких контактных давлений. По-видимому, в данной области, молекулы мелкодисперсных частиц политрифторохлорэтилена (Фт-3М) с химически активными атомами хлора и фтора, под воздействием температуры, взаимодействуют своими концевыми группами с молекулами присадок, содержащихся в базовом пластичном смазочном материале, и формируют на пятнах фактического контакта сопряжённых тел

На рис. 3 представлены результаты исследований для следующих условий. Толщина образца из стекла 8 мм, $P = 0{,}7\ P_{макс}$. Значение σ не превышает 200 МПа. По контуру сосредоточены максимальные значения σ. Явно выраженные напряжения в центре не высоки и их значение не превышает 180 МПа. По всему образцу $\sigma_{макс}$ равно ~130–160 МПа. Напряжения распределены симметрично

Из анализа представленных данных следует, что технологические режимы непосредственно влияют на величину остаточных напряжений и их распределение. Так, с возрастанием толщины стекла области анизотропии, возникшие в процессе закалки (охлаждение воздушным потоком с давлением P), становятся шире, а значения напряжений убывают с увеличением толщины стекла.

Таким образом, поляризационно-оптический метод позволяет получить распределение механических напряжений в плоскости протяженного объекта, дать качественную и количественную оценку параметров исследуемого образца. Анализ результатов позволяет выбрать оптимальные технологические режимы изготовления закаленных стекол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хомченко, А. В**. Оптические методы контроля распределения механических напряжений в автомобильных закаленных стеклах / А. В. Хомченко [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013 – № 4. – С. 125–132.

На рис. 1 представлены результаты исследований для следующих условий. Толщина стекла 4 мм давление воздуха в системе охлаждения $P = 0{,}7\ P_{макс}$. Максимальное значение σ составляет 280 МПа. На краях сосредоточены максимальные напряжения. Напряжения на углах правого края значительно превышают напряжения слева (280 и 360 МПа соответственно)

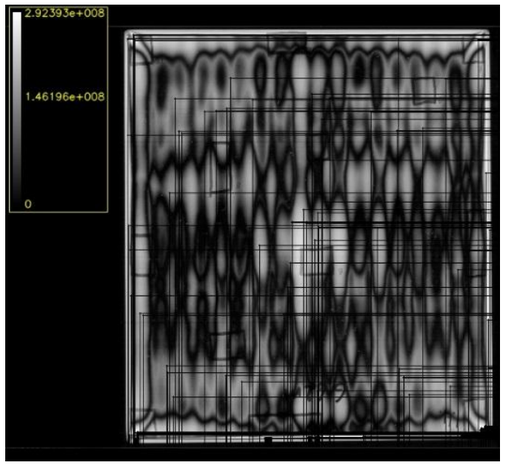


Рис. 2. Результаты измерений для образца из стекла толщиной 6 мм

На рис. 2 представлены результаты исследований для следующих условий. Толщина образца из стекла 6 мм, P = 0,7 Рмакс. Значение σ не превышает 250 МПа. По контуру распределены максимальные значения σ. Явно выраженные напряжения в центре не высоки и их значение не превышает 230 МПа. По всему образцу $\sigma_{макс}$ равно ~ 110–180 МПа. Напряжения на левом крае превосходят соответствующие значения на правом (190 и 70 МПа).

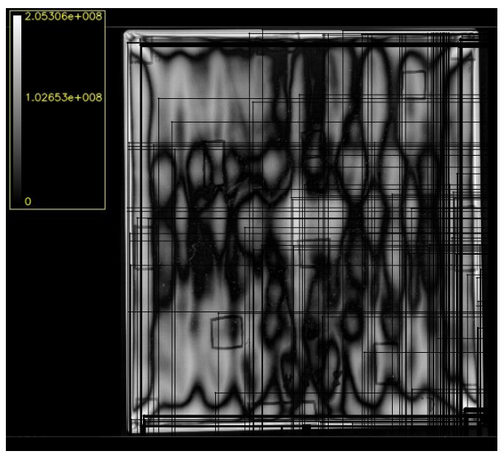


Рис. 3. Результаты измерений для образца из стекла толщиной 8 мм

защитный хемосорбированный слой с высокими прочностными, антифрикционными и противозадирными свойствами.

Фторсодержащие присадки и металлорганические антифрикционные препараты в зоне фрикционных сопряжений реализуют механизм локальных поверхностных реакций. Продуктами реакции заполняются интрузии и залечиваются поверхностные дефекты, что в конечном итоге, повышает износостойкость поверхностного слоя. Применение таких присадок позволяет формировать в поверхностных слоях металла мелкодисперсную ячеистую структуру (наноструктуру) с размером блоков порядка 10^{-2} мкм, квазиравномерно распределённых по объёму поверхностного слоя. Эти нанокристаллические и субмикроскопические фрагменты микроструктуры обуславливают высокую прочность и износостойкость, ввиду отсутствия локализованных концентраторов напряжений, в которых формируются элементы разрушения. Эта микроячеистая сотовая структура эффективно удерживает смазку. Действие поверхностно–активных веществ, особенно с содержанием фтора, приводит к насыщению поверхностных слоёв фрикционно нагруженных поверхностей длинными фторсодержащими молекулами, армирующими материал этих слоёв и повышающих их антифрикционные свойства.

Установлено, что добавка в Литол-24 мелкодисперсного фторопласта (Фт-3М) в количестве 3 вес. % приводит к значительному замедлению роста плотности дислокаций и, соответственно, увеличению почти в четыре раза временного периода между упрочнением и разрушением поверхностного слоя металлов. Результаты лабораторных и стендовых испытаний показали, что присадка-наполнитель Фт-3М эффективно работает в тяжело нагруженных узлах трения. Поэтому при натурных испытаниях разработанных композиций использовались соответствующие узлы. В качестве одного из таких узлов были взяты подшипники качения электродвигателя типа 4А225М6, мощностью 37 кВт, вентилятора типа Ц4-76.

В результате экспериментальных испытаний установлено, что добавка модифицированного и мелкодисперсного фторопласта марки Фт-3М существенно снижает, как минимум на 2–3 %, потребление электрической энергии и значительно – уровень вибрации. Применение разработанных смазочных композиций способствует снижению не только энергопотребления, но и способствует решению экологических проблем, так как уменьшаются показатели удельного расхода электрической энергии на собственные нужды при производстве электрической энергии. Экономический эффект составляет ≈ 450 $ (долларов США) в год при периодической набивке подшипников качения асинхронного электродвигателя типа «4А225М6У3» одной из разработанных смазочных композиций.

УДК 535.37

МОДИФИКАЦИЯ ВИЗУАЛИЗАТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

В. И. ПОПЕЧИЦ
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

При воздействии ионизирующего излучения на жидкие и твердые растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание, вызванное взаимодействием молекул красителей с кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в результате радиолиза растворителей. Многокомпонентные растворы красителей (содержащие несколько красителей, поглощающих свет в различных областях спектра) при воздействии ионизирующего излучения изменяют цвет, что позволяет визуально определить величину радиационной дозы, используя соответствующую градуировочную шкалу.

В данной работе исследовано влияние щелочной добавки (использовался гидроксид калия – KOH) на спектральные и цветоконтрастные характеристики визуализаторов ионизирующих излучений на основе трехкомпонентных растворов органических красителей (в качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в которой растворялись два красителя: один поглощал свет в длинноволновой области видимого диапазона длин волн, другой – в коротковолновой).

Для исследования влияния щелочных добавок на спектральные и цветоконтрастные характеристики облученных растворов были приготовлены трехкомпонентные водные растворы красителей. Смешивались 10 мл водного раствора красителя, поглощающего в длинноволновой области видимого спектра (концентрация $3{,}5\cdot10^{-5}$ моль/л), и 10 мл водного раствора красителя, поглощающего в коротковолновой области, такой же концентрации. В полученный трехкомпонентный раствор добавлялись 4 мл воды или 4 мл водного раствора KOH концентрации $2{,}5\cdot10^{-2}$ моль/л соответственно. Облучение трехкомпонентных растворов, содержащих и не содержащих щелочную добавку, проводилось в пластиковых кюветах на рентгеновской установке «Дрон 2М» при мощности тока, проходящего через рентгеновскую трубку, 200 Вт (напряжение – 20 кВ, ток – 10 мА). Облучение производилось в течение 15 минут. Затем на спектрофотометре PV 1251 "Solar" записывались спектры поглощения облученных растворов.

В качестве примера на рис. 1 представлены спектры поглощения одного из облученных трехкомпонентных растворов, содержащего и не содержащего щелочные добавки, из которого видно, что скорость радиаци-

УДК 621.658.011

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАКАЛЕННЫХ СТЕКЛАХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

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

Закаленное стекло широко используется в автомобилестроении, авиации, судостроении и строительстве. Механические и оптические характеристики такого стекла определяются характером и режимами закалки стекла. Закалочные напряжения в стекле обуславливают прочность закаленного стекла и обеспечивают их безопасную эксплуатацию. Поэтому определение величины напряжений является удобным способом контроля как качества изделий, так и технологических процессов изготовления закаленных стекол. Поляризационно-оптический метод контроля качества стекла позволяет эффективно оценивать механические напряжения в закаленных стеклах [1]. Исследование механических напряжений проводились на изготовленных образцах закаленного стекла (УЧПП «КУВО», Беларусь) размером 300×300 мм и толщиной 4, 6 и 8 мм при различных способах закалки. Измерения выполнены с использованием излучения с $\lambda = 532$ нм. Обработка результатов проводилось с помощью программы «Polarizer-2015», которая позволяет обрабатывать полученные интерферограммы. Результаты измерений для закаленного стекла различной толщины приведены на рис. 1–3.

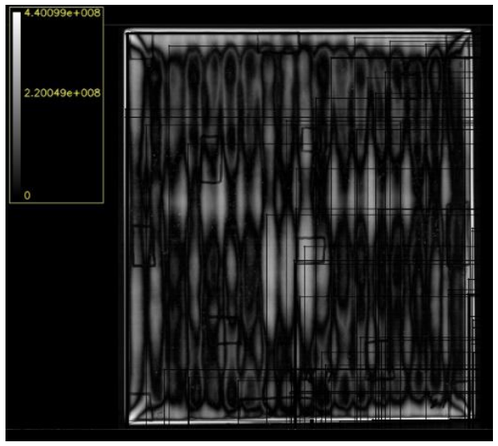


Рис. 1. Результаты измерений для образца из стекла толщиной 4 мм

при $i=\overline{nm+3,l}$; $l=nm+lp+2$. Исследование ряда пленок показало, что корректное решение обратной оптической задачи обычно достигается при $nm=6$, $lp\le 10$. Таким образом, в рамках принятой модели $l\le 18$, что обеспечивает устойчивость решения.

На рис. 1 представлены данные, полученные при исследовании пленки ZrO_2 с ориентировочной толщиной $p_1\approx 500nm$, нанесенной методом электронно-лучевого напыления на подложку из стекла К8. Измерения $(R^{(e)}_{s,p})_{ij}$ выполнены с использованием спектрофотометра Photon RT при $N=4$ ($\theta_1=30^0$, $\theta_2=40^0$, $\theta_3=50^0$, $\theta_4=60^0$), $A=402,02nm$.

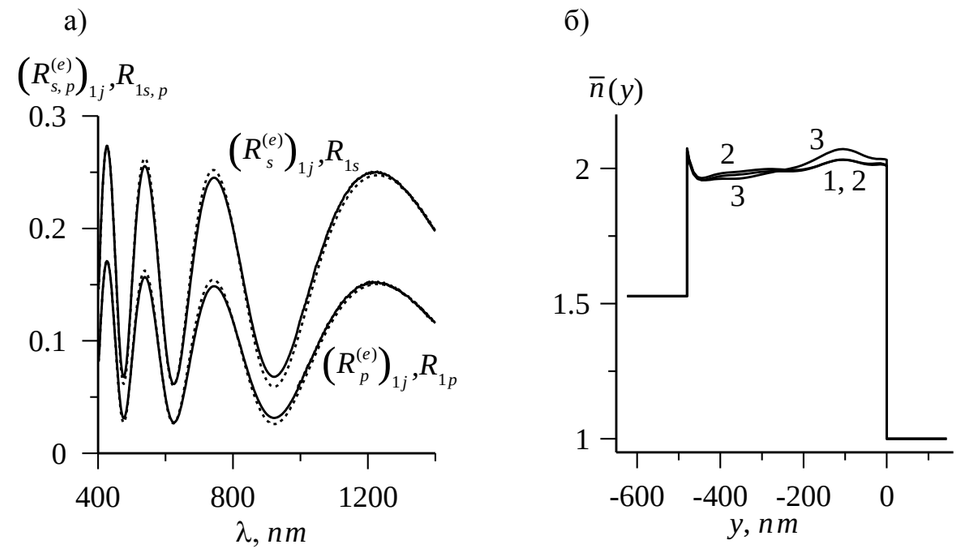


Рис. 1. Результаты расчетов и экспериментальных исследований: а – спектры отражательной способности пленки ZrO_2: сплошные кривые – эксперимент $(R^{(e)}_{s,p})_{1j}$ и теория $R_{1s,p}$ при $l=17$ ($lp=9$); штриховые кривые – теория при $l=8$ ($f(y)\equiv 1$); б – усредненный по спектрам профиль показателя преломления пленки, восстановленный при $B=1400nm$, $M=500$ (кривая 1), $B=1200nm$, $M=400$ (2) и $B=1000nm$, $M=300$ (3)

Расхождение сплошных и штриховых кривых на рис. 1, а свидетельствует о заметной неоднородности материала пленки. Этот вывод подтверждается рассмотрением рис. 1, б. Из рис. 1, б можно сделать вывод о снижении точности решения обратной оптической задачи при сужении экспериментального диапазона длин волн.

Корректность изложенного подхода проверена нами путем сопоставления экспериментальных (измеренных методом волноводной спектроскопии) и теоретических (рассчитанных по восстановленной функции $n(\lambda, y)$) значений постоянных распространения волноводных мод пленки.

онной деструкции красителей в растворах, содержащих щелочные добавки возрастает. Это можно объяснить присутствием в растворе гидроксид-ионов, которые при радиолизе раствора образуют кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, обладающие высокой химической активностью. Взаимодействие последних с молекулами красителей приводит к нарушению π-электронной цепи сопряжения и смещению полос поглощения этих продуктов реакции в УФ-область спектра, что способствует уменьшению интенсивности длинноволновых полос поглощения растворов в видимой области спектра.

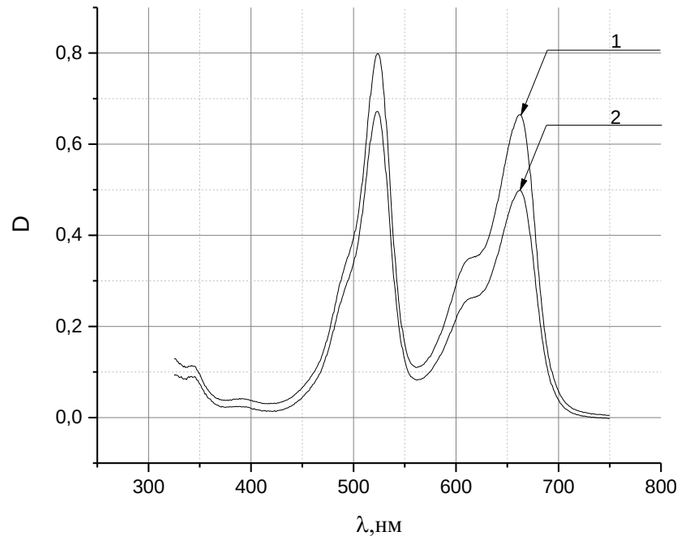


Рис. 1. Спектры поглощения трехкомпонентного водного раствора метиленового голубого (λ_{max} = 665 нм) и родамина 6Ж (λ_{max} = 523 нм) после облучения рентгеном (1), с добавлением щелочи (2)

Полученные экспериментальные данные позволили сделать вывод о том, что скорость необратимой радиационной деструкции красителей в водных растворах возрастает при добавлении в растворы щелочи. Причем это возрастание скорости радиационной деструкции зависит от химической природы красителя, т.е. разное для каждого красителя. Следовательно, подбором красителей и добавлением в растворы щелочи, можно улучшить цветоконтрастные характеристики облученных растворов, что важно при применении трехкомпонентных растворов красителей в качестве детекторов радиационной дозы, в частности при проведении неразрушающего радиационного контроля материалов и изделий.

УДК 669.715

АНТИФРИКЦИОННЫЙ СИЛУМИН ДЛЯ ВТУЛОК САТЕЛЛИТОВ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

В. Ю. СТЕЦЕНКО, К. Н. БАРАНОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

В настоящее время научно-техническим центром (НТЦ) ОАО «БЕЛАЗ» ведутся работы по совершенствованию серийно выпускаемой техники и созданию самосвалов нового поколения большой производительности, высокого технического уровня. Одним из основных направлений совместных научных исследований НТЦ является создание и внедрение новых конструкционных материалов с целью получения высокопрочных и долговечных конструкций.

В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разработан новый конструкционный материал – силумин с глобулярным кремнием. Он полностью удовлетворяет принципу Шарпи, поэтому имеет высокие антифрикционные свойства. Стоимость такого антифрикционного силумина в два раза ниже, чем для серийных антифрикционных бронз. Из них обычно изготавливают подшипники скольжения, которые должны обладать высокими антифрикционными свойствами, особенно в условиях относительно больших удельных нагрузок. Поскольку антифрикционные бронзы для Беларуси являются импортируемым материалом, то ставилась задача по его замене на антифрикционный силумин.

На ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» проводились стендовые испытания втулок сателлитов дифференциалов карьерных самосвалов грузоподъемностью 45–55 т, изготовленных из антифрикционного силумина АК15М3 по технологии ГНУ «ИТМ НАН Беларуси». Испытания проводились в сравнении с серийными втулками из антифрикционных бронз БрАЖН 10-4-4 и БрОФ 6,5-0,15. В результате проведенных испытаний было установлено, что износостойкость экспериментальных втулок из антифрикционного силумина АК15М3 в два раза выше, чем аналогичных из БрАЖН 10-4-4 и БрОФ 6,5-0,15.

Таким образом, антифрикционный силумин может заменить антифрикционную бронзу при изготовлении втулок сателлитов дифференциалов карьерных самосвалов. По результатам стендовых испытаний рекомендовано изготовить опытную партию втулок из антифрикционного силумина АК15М3 для проведения эксплуатационных испытаний в составе карьерных самосвалов грузоподъемностью 45–55 т.

УДК 535.31; 621.372

МОДЕЛЬ ЛОРЕНТЦ-ЛОРЕНЦА В СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ НЕОДНОРОДНОГО СЛОЯ

Л. И. СОТСКАЯ, *К. Н. КРИВЕЦКИЙ,
**А. Б. СОТСКИЙ, А. В. ХОМЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ООО «ЭССЕНТОПТИКС»
Учреждение образования
**«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
Могилев, Минск, Беларусь

Актуальной проблемой, возникающей при изготовлении тонких пленок методом напыления, является неразрушающий контроль их плотности $f(y)$, удельной рефракции $r(\lambda)$ и распределения показателя преломления $n(\lambda, y)$. В докладе рассматриваются вопросы восстановления указанных характеристик путем обработки экспериментальных спектров отражательной способности пленки для волн s и p поляризации.

Мы используем метод наименьших квадратов с целевыми функциями

$$F(p_1,..., p_l) = \sum_{\alpha=s,p} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \left[(R_{\alpha}^{(e)})_{ij} - R_{i\alpha}(\lambda_j, p_1,..., p_l) \right]^2,$$

где i – номер угла падения света θ_i; j – номер длины волны излучения; $(R_{s,p}^{(e)})_{ij}$ – экспериментальные данные для энергетических коэффициентов отражения волн s и p поляризации; p_i – искомые параметры, описывающие зависимости $f(y)$, $r(\lambda)$, $n(\lambda, y)$.

Соответствующие им теоретические функции $R_{is,p}(\lambda_j, p_1,..., p_l)$ рассчитываются с помощью рекуррентных соотношений. Величины p_i – искомые параметры, описывающие зависимости $f(y)$, $r(\lambda)$, $n(\lambda, y)$.

Известно, что для успешного решения обратной оптической задачи требуется как можно более простая и в то же время адекватная физической ситуации модель эксперимента. Этими свойствами обладает модель Лорентц-Лоренца

$$n(\lambda, y) = \sqrt{[1 + 2r(\lambda) f(y)][1 - r(\lambda) f(y)]^{-1}},$$

$$r(\lambda) = \sum_{i=1}^{nm+1} [r_i (\lambda - \bar{\lambda})(B - \bar{\lambda})^{-1}]^{i-1}, \quad f(y) = 1 + \sum_{i=1}^{lp} f_i [\eta^i + (-1)^{i+1} (i+1)^{-1}],$$

где nm и lp – максимальные степени интерполяционных полиномов; $\bar{\lambda} = 0.5(A + B)$, A и B – границы экспериментального диапазона длин волн; $\eta = y p_1^{-1}$; p_1 – толщина пленки; $p_i = r_{i-1}$ при $i = \overline{2nm + 2}$; $p_i = f_{i-nm-2}$

Значения H_c сталей на любых частных петлях магнитного гистерезиса могут быть с достаточной для практики точностью рассчитаны по формуле (1) по H_{cs}, M_s и M_{rs} этих сталей и напряженности поля H_m. Например, на рис. 1 представлены результаты расчета по (1) зависимостей H_c стали 50 от температуры T_o отпуска. Для построения зависимостей $H_c(T_o)$ при разных H_m использованы зависимости $H_{cs}(T_o)$, $M_{rs}(T_o)$ и $M_s(T_o)$ стали 50, представленные в [1, рис. 4, а, 4, б и 5, а]. Изменение рассчитанных зависимостей $H_c(T_o)$ при уменьшении H_m соответствует изменению измеренных [1, рис. 4, а] зависимостей $H_c(T_o)$ по мере уменьшения B_m частных петель гистерезиса стали 50.

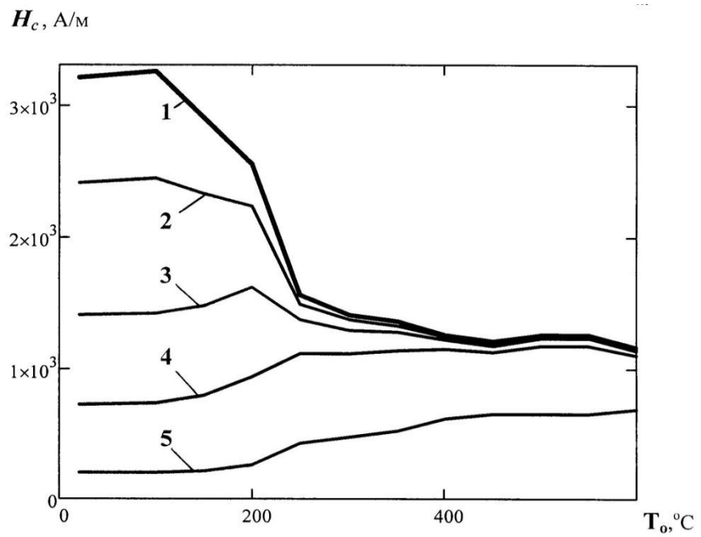


Рис. 1. Зависимости H_c стали 50 от температуры T_o отпуска при H_m = 60 кА/м (1); 5 кА/м (2); 3 кА/м (3); 2 кА/м (4) и 1 кА/м (5). Расчет по формуле (1).

Проведенный в [2] анализ чувствительности H_c к H_{cs}, M_s и M_{rs} позволил определить условия эффективного использования измерений H_c сталей для контроля их структурного состояния и фазового состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магнитный и вихретоковый контроль закаленной конструкционной стали, подвергнутой комбинированным деформационно-термическим обработкам / А. В. Макаров [и др.] // Дефектоскопия – 2012. – № 12. – С. 3–17.

2. **Сандомирский, С. Г.** Анализ структурной и фазовой чувствительности коэрцитивной силы частных петель гистерезиса сталей / С. Г. Сандомирский // Металлы. – 2014. – № 2. – С. 37–43.

3. **Мельгуй, М. А**. Формулы для описания нелинейных и гистерезисных свойств ферромагнетиков / М. А. Мельгуй // Дефектоскопия. – 1987. – № 11. – С. 3–10.

УДК 669.715

ПОЛУЧЕНИЕ СЛИТКОВ ДИАМЕТРОМ 75 ММ ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА АК18 С МЕЛКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. П. ГУТЕВ, К. Н. БАРАНОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Одним из перспективных материалов для машиностроения является заэвтектический силумин. Он, по сравнению с эвтектическим, имеет более низкий коэффициент термического расширения и высокие антифрикционные свойства. Основная проблема заэвтектического силумина – получить отливки с мелкокристаллической структурой. Для этого используют водоохлаждаемые литейные формы и фосфорсодержащую лигатуру. При этом получаются слитки с мелкокристаллическим первичным кремнием и немодифицированной (крупнокристаллической) эвтектикой. Это снижает свойства заэвтектического силумина и ограничивает область его применения.

В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разработан струйный кристаллизатор, который, по сравнению с обычным (щелевым), обладает более высокой охлаждающей способностью. Она достигается за счет эффекта затопленно-струйного охлаждения, который существенно уменьшает толщину гидродинамического и теплового пограничных слоев. В результате, более чем в 2 раза, увеличивается коэффициент теплоотдачи от рабочей втулки кристаллизатора к охладителю.

Исследовали влияние фосфорсодержащей лигатуры МФ-10 на микроструктуру заэвтектического силумина АК18 при литье в струйный кристаллизатор с внутренним диаметром рабочей втулки 75 мм. В качестве шихты также использовали чушки вторичного силумина АК12 и лигатуру АК40. Лигатуру МФ-10 вводили в жидкий металл при температуре 850 °С в количестве 0,4 % от массы расплава. Затем его выдерживали при данной температуре в печи 35 мин для усвоения лигатуры и осуществляли процесс литья в струйный кристаллизатор. Из полученных слитков вырезали поперечные шлифы и исследовали их микроструктуру методом металлографического анализа. Было установлено, что лигатура МФ-10, в количестве 0,4 % от массы расплава, при литье в струйный кристаллизатор, позволяет получить слитки со средними дисперсностями кристаллов первичного и эвтектического кремния, соответственно, 40 и 3 мкм.

Таким образом, литье в струйный катализатор позволяет получать слитки из заэвтектического силумина с мелкокристаллической структурой.

УДК 620.26; 67.03

УСТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ ФАЗОВОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ Ti_3AlC_2 ОТ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА

Л. В. СУДНИК, *Т. В. БАСЮК, Ю. И. КОЛОДКЕВИЧ
Обособленное хозрасчетное подразделение
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ С ОПЫТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ»
*«ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ им. В. М. Бакуля»
Минск, Беларусь; Киев Украина

MAX фаз представляют собой сложные карбидные и нитридные соединения переходных металлов, описываемые общей формулой $M_{n+1}AX_n$, где n=1÷3, M – ранние переходные металлы (Ti, Cr, Nb, V), A – элементы A-группы (Al, Si), а X – углерод либо азот. Существуют следующие стехиометрии: M_2AX (211), M_3AX_2 (312), M_4AX_3 (413), которые отличаются количеством слоев карбидов или нитридов, разделенных атомами металлов A-группы. Слоистость на уровне кристаллической структуры приводит к тому, что зерна MAX фаз имеют ярко выраженное наноламинатное строение, что дает возможность в зоне концентрации механических напряжений деформировать зерна без макроскопического разрушения. Это обеспечивает материалам высокую прочность и трещиностойкость при комнатных и высоких температурах, устойчивость к термоудару [1]. Изучаемые материалы, как и металлы, обладают высокой тепловой (12–60 Вт/(м·К)) и электрической проводимостью (удельное сопротивление 0,2–0,7 μΩ·m при комнатной температуре). Подобно керамике, MAX фазы обладают относительно малой плотностью (4–5 г/см^3), высоким модулем упругости (178–362 ГПа при комнатной температуре), низким значением коэффициента теплового расширения (5–10 μK^{-1}), высокой теплостойкостью, стойкостью к окислению и коррозии (Al – содержащие MAX фазы устойчивы в инертной атмосфере до 1500 °C) [2]. Материалы на основе MAX фаз характеризуются высоким уровнем демпфирующих свойств, стойкостью к радиационному облучению, а также склонностью к самозалечиванию через образование плотного оксидного слоя на их поверхности [1]. Такое уникальное сочетание свойств и параметров позволит применять материалы на основе MAX фаз в различных областях науки и промышленности, таких как энергетика, авиация, космонавтика, электротехника и др.

Были получены образцы с высоким содержание MAX фазы состава Ti_3AlC_2 методами свободного спекания в вакууме и аргоне при атмосферном давлении, в аппаратах высокого давления (при 2 ГПа, 1350 °C) с последующим спеканием [3], а также была исследована возможность синтеза MAX фаз методом ударно-волнового нагружения из смеси порошков

УДК 620.179.14

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ СТАЛЕЙ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ, Е. Г. САНДОМИРСКАЯ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Физической основой магнитного структурного анализа сталей является связь их магнитных свойств со структурным состоянием (распределением дефектов в кристаллической решетке, величиной зерна, напряжениями и др.). Магнитным параметром, наиболее чувствительным к структуре сталей, являются их коэрцитивная сила H_{cs} , измеренная на предельной петле магнитного гистерезиса. В последнее время в качестве магнитного параметра, чувствительного к изменениям режима термической обработки сталей и механическим напряжениям, используют и коэрцитивную силу H_c частных петель магнитного гистерезиса. В многочисленных статьях (например, [1]) указано, что на зависимость H_c от технологических факторов влияет максимальная напряженность H_m магнитного поля (или максимальная магнитная индукция B_m) частной петли магнитного гистерезиса, и характер этой зависимости может отличаться от характера зависимости H_{cs} от тех же факторов. В попытках объяснения причин такого различия превалируют рассуждения о влиянии структурных факторов на H_c, не связанных с действительными физическими причинами этого явления. Возможность контроля режимов производства или напряжений в металле по результатам измерения H_c устанавливают трудоемкими исследованиями.

В [2] обосновано использование для расчета коэрцитивной силы H_c частных петель магнитного гистерезиса формулы [3], имеющей следующую компактную запись:

$$h_c = 1 - T^{-1} tg\{0.5\sum_{n=1}^{2} arctg[T(1+(-1)^n h_m)]\} , \qquad (1)$$

где: $h_c = H_c / H_{cs}$; $T = tg(\pi K_{\text{П}}/2)$; $K_{\text{П}} = M_{rs}/M_s$; $h_m = H_m / H_{cs}$, M_{rs} и M_s – остаточная намагниченности и намагниченность технического насыщения собственно.

Показано, что изменения характера зависимостей H_c сталей от режима технологического воздействия по мере изменения H_m (или B_m) частной петли магнитного гистерезиса полностью определяются изменениями ее H_{cs}, M_s и M_{rs} и соответствуют физике перемагничивания ферромагнитного материала в слабых магнитных полях. Какие именно структурные изменения металла вызвали изменения его H_{cs}, M_s и M_{rs} , не имеет значения.

Основой расчетной модели намагничивания двухслойной отливки являются:

– результаты измерения магнитных характеристик (коэрцитивной силы H_c, остаточной намагниченности M_r и намагниченности M_s технического насыщения чугунов с разной структурой) приведены в табл. 1;

– формулы для расчета намагниченности материала на частных петлях магнитного гистерезиса по H_c, M_r и намагниченности M_s [4];

– формулы для расчета размагничивающего фактора тел разной формы и внутреннего коэффициента размагничивания материалов с немагнитными включениями [5, 6].

Табл. 1. Магнитные свойства белого и ковкого чугунов

Тип чугуна	Металлическая основа	Магнитные параметры, кА/м		
		H_c	M_s	M_r
Белый чугун (БЧ)		1,04–1,28	1035	400–440
Ковкий чугун (КЧ)	Ферритная	0,12–0,2	1433	440–560
	Перлитная	0,4–0,88	1393	480–600

Аналитическое описание кривой намагничивания и формирования остаточной намагниченности отливок с неоднородной по слоям структурой будет использовано для повышения селективности и достоверности магнитного контроля структуры отливок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сандомирский, С. Г.** Возможности количественного контроля структурных параметров чугунных отливок магнитным методом / С. Г. Сандомирский // Металлургия. – 2009. – № 2 – С. 28–34.

2. **Сандомирский, С. Г.** Оптимизация режимов магнитного контроля структуры отливок из ковкого чугуна / С. Г. Сандомирский // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – № 8. – С. 39–43.

3. Особенности распределения остаточной индукции в двухслойном ферромагнитном цилиндре / С. Г. Сандомирский [и др.]. // Дефектоскопия. – 1997. – № 10. – С. 34–41.

4. **Сандомирский, С. Г.** Расчет кривой намагничивания и частных петель гистерезиса ферромагнитных материалов по основным магнитным параметрам / С. Г. Сандомирский // Электричество. – 2010. – № 1. – С. 61–64.

5. **Сандомирский, С. Г.** Расчет и анализ размагничивающего фактора ферромагнитных тел / С. Г. Сандомирский. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 244 с.

6. **Сандомирский, С. Г.** Оценка внутреннего коэффициента размагничивания чугунов по результатам измерения их остаточной намагниченности / С. Г. Сандомирский // Металлы. – 2013. – № 3. – С. 88–94.

$TiC/TiH_2/Al$. Исследование фазового состава полученных образцов MAX фаз проводилось с помощью дифрактометра ДРОН-3 в $Cu_{k\alpha}$ – излучении (λ = 1,54156 Å).

Оптимальными температурными параметрами синтеза MAX фазы Ti_3AlC_2 методом свободного спекания в среде аргона при атмосферном давлении и в вакууме является диапазон температур 1250–1400 °С. Исходная смесь представляет собой смесь порошков $TiC/TiH_2/Al$, содержание фазы Ti_3AlC_2 в обоих случаях составляет 90–96 масс.%, однако пористость образца немного повышается (11–18 % при синтезе при атмосферном давлении, 20–30 % при синтезе в вакууме). При этом алюминий содержится в смеси исходных порошков в избытке (20–25 %) относительно расчетного соотношения, что связано с его испарением в процессе синтеза. Это явление также объясняет использование высоких давлений, которые препятствуют испарению алюминия (температура плавления 660 °С при н. у.). Однако при синтезе в аппаратах высокого давления в качестве исходной смеси используется смесь порошков Ti, Al, C, что приводит к образованию MAX фаз типа 211 и 311, которые при дальнейшей термической обработке реагируют с алюминидами титана, в результате чего происходит образование фазы 312. Оптимальным методом для получения материала с высоким содержание MAX фазы (до 96 масс.%) и низкой пористостью (1–3 %) является двухстадийный синтез (синтез методом свободного спекания с последующим уплотнением образца путем применения высоких давлений в сочетании с термической обработкой). Также установлено, что при использованном режиме ударно-волнового нагружения (скорость детонации $D = 4 \cdot 10^3$ м/с, давление p = 2,5–3,5 ГПа, высота заряда аммонита 6ЖВ – 35 мм) не протекает реакция образования Ti_3AlC_2, а фазовый состав образца совпадает с составом исходной смеси порошков, что может быть связано с недостаточным временем воздействия ударной волны на обрабатываемый материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Barsoum, W.** The $M_{n+1}AX_n$: A new class of solids; thermodynamically stable nanolaminates / W. Barsoum // Progress in Solid State Chemistry. – 2000. – N 28. – P. 201–281.

2. **Anirudh , C.** Max phase materials – Review of an exciting class of ternary carbides and nitrides [Текст] / Anirudh C., Vaibhav Koushik A.V., U.N. Kempaiah // IJETAE. – 2014 – Vol. 4. – No. 8. – P. 624–628.

3. **Пат. № 109174 Україна**. Спосіб виготовлення MAX-матеріалу на основі потрійних карбідів титану і алюмінію / М. В. Новіков, Т. О. Пріхна, А. В. Козирєв, О. В. Старостіна, В. Б. Свердун, Т. В. Басюк, В. Е. Мощіль, Н. В. Сергієнко, Т. Кабиош, П. Шартье // Заявл. 08.08.13; Опубл. 27.07.15, Бюл. № 14.

УДК 621.762

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ПЛАВЯЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДОВ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разработанная технология относится к области сварочного производства, в частности, к способу получения покрытий плавящихся электродов, используемых для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также наплавки слоя стали средней и повышенной твердости при восстановлении деталей из углеродистых и низколегированных сталей. Несмотря на широкое применение различных механизированных методов сварки плавлением, дуговая сварка покрытыми металлическими электродами является наиболее широко применяемой в сварочном производстве, и электроды остаются самым распространенным сварочным материалом. Известные способы получения покрытий либо не обеспечивают требуемый уровень прочности металла шва, либо не обеспечивают требуемый уровень хладостойкости, что важно для изделий, работающих при низких температурах в условиях знакопеременных динамических нагрузок.

Задачей является создание способа получения покрытия, позволяющего добиться измельчения структуры шва в процессе его кристаллизации, что приводит к техническому эффекту увеличения ударной вязкости сварного шва, при одновременном сохранении высоких прочностных свойств.

Предлагаемый способ получения шихты с наноразмерными модификаторами состоит из совокупности процессов: механического диспергирования и активации смеси порошков восстановителей (элементов, обладающих высоким сродством с кислородом, азотом) и окислителей (неустойчивых химических соединений, – поставщиков кислорода, азота и т. д.) в энергонапряженном механореакторе; предварительной термической активации полученной композиции с целью активизации процесса внутреннего окисления восстановителей и смешения полученной порошковой композиции с известными составляющими шихты.

Указанная задача достигается тем, что в способе получения покрытия в шихту обычного состава, состоящую из шлакообразующих, газообразующих, ионизирующих, раскисляющих и связующих компонентов, дополнительно, в количестве до 5 %, вводят механически легированную композицию, состоящую из термореагирующих компонентов, способных в результате механической и / или термической активации образовывать наноразмерные тугоплавкие химические соединения – центры кристаллизации, являющиеся модификаторами первой группы. В качестве термореагирую-

УДК 620.179.14

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НАМАГНИЧИВАНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

С. Г. САНДОМИРСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Чугун является широко используемым и перспективным материалом. Его преимуществами являются простой и дешевый процесс получения отливок сложной формы, износостойкость и хорошая обрабатываемость резанием. Требуемая структура отливок обеспечивается заданием их химического и фазового состава, режимами термической обработки. Нарушения технологических процессов производства приводят к недопустимым изменениям свойств отливок. Непосредственное измерение механических свойств или структуры требует разрушения отливки для подготовки микрошлифов или стандартных образцов и исключает возможность дальнейшей эксплуатации отливки. Гарантию соответствия структуры отливки заданной могут дать неразрушающие методы контроля. Разнообразие структур чугуна и условий их формирования определяет разнообразие задач и методов контроля структуры чугунных отливок.

Так, при отжиге на ковкий чугун отливок из белого чугуна на поверхности отливки может сохраниться отбеленный слой (рис 1.).

Рис. 1. Изломы ниппелей из ковкого чугуна КЧ30-6

Такие отливки при магнитном контроле их структуры, как правило, отбраковываются [1, 2]. Но в случае, когда толщина отбеленного слоя меньше, чем слой, удаляемый при предварительной обточке отливки, отливка с поверхностным отбеленным слоем является годной для механической обработки. При существующем методе сортировки значительная часть годных для механической обработки отливок направляется на переплавку. Это приводит к неоправданному перерасходу материальных и трудовых ресурсов.

Экспериментальные исследования влияния толщины и магнитных свойств материала слоев на магнитные характеристики двухслойного изделия [3] трудоемки и не позволяют определить пороговую намагниченность для разбраковки отливок с допустимой толщиной отбеленного слоя.

а) б)

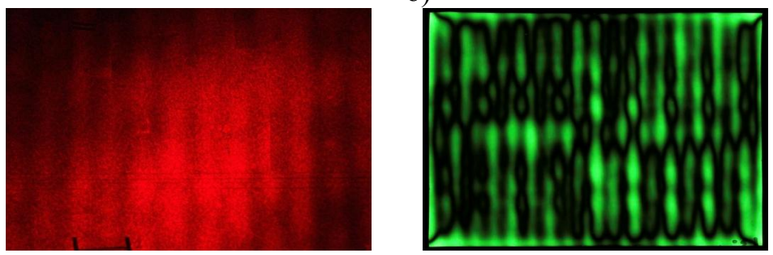


Рис. 2. Распределение интенсивности света, отраженного от поверхности закаленного стекла (а) и прошедшего через него (б)

Для оценки эффективности процедуры было выполнено численное моделирование отражения света от стекла с последующим определением указанных параметров. Результаты моделирования представлены на рис. 3, кривая 1 получена в приближении малой анизотропии Δn, кривая 2 – на основе точного решения. Анализ результатов показал, что погрешность определения Δn может быть менее 15 % при выполнении $k_0 \Delta n d < 1$ (k_0 – волновое число вакуума, d – толщина листа стекла), в тоже время погрешность определения ориентации оптической оси мало зависит от этого условия.

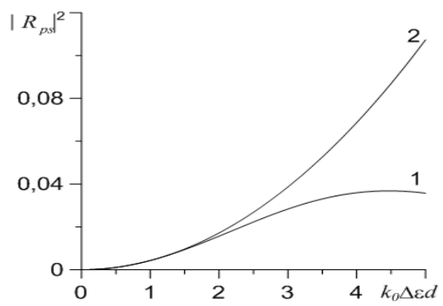


Рис. 3. Зависимость коэффициента отражения $\left|R_{ps}\right|^2$ от $k_0 \Delta \varepsilon d$

Такая точность вполне приемлема для получения оценок напряжений в стекле в условиях производства и позволяет надеяться на дальнейшее практическое развитие рассматриваемого подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Hoikwan, Lee**. Residual stresses in composite materials / Lee Hoikwan [и др.]. – Oxford : Woodhead Publishing. – 2014. – 169 p.

2. **Хомченко, А. В**. Оптические методы контроля распределения механических напряжений в автомобильных закаленных стеклах / Хомченко А. В. [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 4. – С. 125–132.

щих компонентов используют, по крайней мере один металл, обладающий высоким сродством к кислороду и / или азоту из ряда Al, Mg, Cr, Ti, Zr, и, по крайней мере, одно из неустойчивых химических соединений из ряда оксидов, гидроксидов, карбонатов, нитридов – поставщиков кислорода и / или азота. Процесс механической активации термореагирующих компонентов заключается в обработке в механореакторе в течение 4–6 часов. Перед введением в состав покрытия, механически легированную композицию подвергают термической активации при температуре 500–700 ^{0}C в течение 2–10 мин. Полученная порошковая композиция добавляется к известным составляющим шихты прототипа в количестве до 5,0 %.

Таким образом, в покрытие любого типа (кислое, основное, смешанное, рутиловое) дополнительно вводятся высокодисперсные механически и термически активированные компоненты, образующие при сварке наноразмерные частицы тугоплавких химических соединений (оксидов алюминия, кремния, нитридов и пр.), выполняющих функцию модификаторов первого рода (готовых центров кристаллизации) в процессе кристаллизации металла шва.

За счет экзотермической реакции уменьшается скорость охлаждения и затвердения металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений, а также обеспечивается увеличение количества наплавляемого металла в единицу времени, что улучшает технологические свойства электродов, повышает производительность сварки.

Преимущества данного способа заключаются в создании технологии получения таких наноразмерных модификаторов, синтез которых должен завершаться в сварочной ванне в результате термической активации, что обеспечивает равномерное распределение образовавшихся тугоплавких соединений в металлической ванне без всплытия их на поверхность.

Результатом от использования предлагаемого технического решения является повышение всего комплекса механических свойств металла шва, а также повышение хладостойкости и сопротивляемости образованию холодных трещин без дополнительного введения никеля, при сохранении оптимального содержания компонентов в шихте.

Применение покрытия предлагаемого состава приводит к:

1) уменьшению размера зерен металла шва в 2,0–3,0 раза (с номера 8 до номера 12), что увеличивает механические свойства металла шва на 15–25 %;

2) устранению транскристаллической структуры шва;

3) повышению эксплуатационных свойств изделий (снижается порог хладноломкости, повышается износостойкость);

4) снижению затрат энергии на образование сварного шва;

5) повышению устойчивости процесса сварки.

УДК 621.762

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одной из актуальных задач современного сварочного производства является создание сварочных материалов, обеспечивающих максимальную производительность и экономичность процесса сварки при требуемой надежности и долговечности конструкции. В промышленности при производстве сварных конструкций широко используют низкоуглеродистые низколегированные стали. Суммарное содержание легирующих элементов в этих сталях не превышает 4,0 % (не считая углерода), а углерода 0,25 %. Рассматриваемые стали обладают хорошей свариваемостью. Технология их сварки должна обеспечивать определенный комплекс требований, основными из которых являются равнопрочность сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве. Для этого механические свойства металла шва и околошовной зоны должны быть не ниже нижнего предела механических свойств основного металла. Сварное соединение должно быть стойким против перехода в хрупкое состояние.

Механические свойства металла шва и сварного соединения зависят от его структуры, которая определяется химическим составом, режимом сварки и предыдущей и последующей термической обработкой. Наплавленный металл имеет столбчатое (дендритное) крупнозернистое строение, характерное для литой стали. Химический состав металла шва зависит от доли участия основного и электродного металлов в образовании шва и взаимодействий между металлом, шлаком и газовой фазой. При сварке рассматриваемых сталей состав металла шва незначительно отличается от состава основного металла. В металле шва меньше углерода для предупреждения образования структур закалочного характера при повышенных скоростях охлаждения. Возможное снижение прочности металла шва, вызванное уменьшением содержания углерода, компенсируется легированием металла через проволоку, покрытие или флюс марганцем и кремнием. При сварке низколегированных сталей необходимое количество легирующих элементов в металле шва обеспечивается также и путем их перехода из основного металла.

Повышенные скорости охлаждения металла шва способствуют увеличению его прочности, однако, при этом снижаются пластические свойства и ударная вязкость. Это объясняется изменением количества и строения перлитной фазы. Изменение свойств металла шва и околошовной зоны при

УДК 620.1

АНАЛИЗ ОТРАЖЕНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА

И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО, А. Н. ВАСИЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Особенностью производства закаленных стекол являются наличие в них, так называемых, закалочных напряжений. Основные свойства такого стекла зависят от величины и распределения остаточных напряжений. Диагностика напряжений, а также управление ими при соответствующей организации технологического процесса являются неотъемлемой частью производства закаленного стекла. Известен ряд разрушающих и неразрушающих методов измерения напряжений в стекле [1, 2], большинство из которых основывается на измерении обусловленной напряжениями анизотропии оптических характеристик материала. Ранее достаточно подробно проанализирована визуализация анизотропии показателя преломления (напряжений) поляризационно-оптическими методами [2]. При всей эффективности (в лабораторных условиях) эти методы, основывающиеся на регистрации распределений коэффициента пропускания света, ограничены с точки зрения применения их на производстве. В тоже время схемы измерения, в которых регистрируется отражение света от исследуемых образцов, более перспективны с точки зрения практической реализации [1] для контроля как прозрачных, так и не пропускающих света объектов.

В связи с этим, в данной работе анализируется отражение света от листа закаленного стекла. Схема измерения представлена на рис. 1.

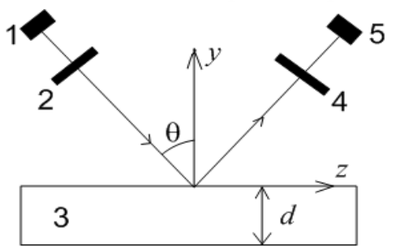


Рис. 1. Схема измерительного устройства: 1 – источник света; 2 – поляризатор; 3 – стекло; 4 – анализатор; 5 – фотокамера

В рамках естественного предположения малой анизотропии Δn показателя преломления стекла получено приближенное аналитическое решение системы дифференциальных уравнений, описывающих распределение электромагнитного поля в нем. С использованием этого решения была предложена процедура определения параметров Δn и φ (φ-угол характеризующий ориентацию оптической оси в стекле) на основе измерения коэффициентов отражения света от стекла (рис. 2).

Расчеты показали, что зависимости $R(\theta)$ и $T(\theta)$, где R и T – энергетические коэффициенты отражения и прохождения пучка нулевого дифракционного порядка, имеют резонансный вид в окрестности значений θ, определяемых условием фазового синхронизма $\beta = \sin(\theta) + \lambda d^{-1}$, где β – безразмерная постоянная распространения моды пленки (описанная пленка направляет 17 ТЕ мод). Это явствует из рис. 1, где представлены данные зависимости, рассчитанные при $n = 1{,}3321$.

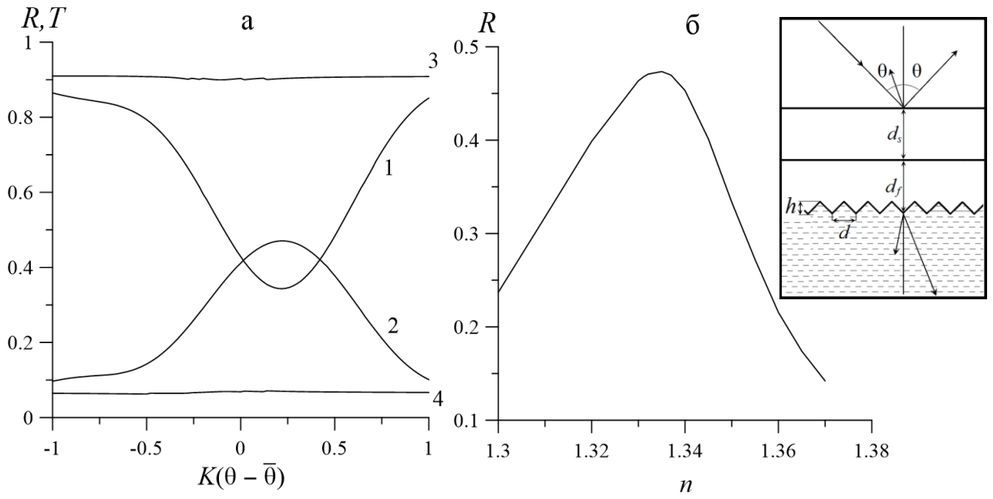


Рис. 1. Результаты расчетов: а – угловые зависимости энергетических коэффициентов прохождения (1, 3) и отражения (2, 4) пучков нулевого дифракционного порядка при возбуждении основной (3, 4, $K = 1000\,град^{-1}$, $\bar{\theta} = 36{,}492$ *град*) и семнадцатой (1, 2, $K = 20\,град^{-1}$, $\bar{\theta} = 25{,}161\,град$) ТЕ мод пленки; б – зависимость $R(n)$ для 17-й моды при $\theta = 25{,}161\,град$. На вставке – геометрия ФМ

Согласно рис. 1, а, эффект резонансного отражения пучка от фазовой маски более выражен для высшей моды, поле которой эффективнее взаимодействует с дифракционной решеткой по сравнению с основной модой. Но по этой же причине высшая мода испытывает более сильное затухание, вызванное преобразованием ее излучения в нулевой дифракционный порядок. В результате резонанс для высшей моды наблюдается в более широком угловом диапазоне. Как следует из рис. 2. б зависимость $R(n)$ также имеет резонансный характер. На линейном участке данной зависимости параметр чувствительности датчика $dR / dn = 12{,}9$. Это значение примерно на два порядка превосходит аналогичные значения для решеточных рефрактометров, не использующих волноводный эффект.

сварке низколегированных сталей проявляется более значительно, чем у низкоуглеродистых. Зона сплавления (неполного расплавления) обычно является наиболее слабым местом сварного соединения, характеризующимся пониженной прочностью и пластичностью из-за значительного роста зерен. Поэтому характер участка сплавления имеет большое значение для свойств и работоспособности сварного соединения.

Термическая обработка низколегированных сталей с целью повышения их прочности при сохранении высокой пластичности, усложняет технологию их сварки. Для устранения этого явления применяют электродные материалы с карбонитридным упрочнением. Легирование низкоуглеродистых марганцовистых сталей (0,015–0,025 % N, 0,10–0,20 % V, около 0,1 % Ti, а также ~0,05 % A1) создает предпосылки для выделения дисперсных включений карбонитридов ванадия, титана или нитридов алюминия. Дисперсные включения способствуют измельчению (до № 9–11) действительного зерна стали и тормозят движение дислокаций. В совокупности эти факторы благоприятно влияют на прочность, вязкость и хладостойкость.

Доля собственно карбонитридного (дисперсионного) упрочнения составляет около 15–25 %, а доля упрочнения от измельчения зерна 30–40 %. Максимальная ударная вязкость при отрицательных температурах достигается в стали с 0,10–0,15 % V. Обычно используют совместное легирование несколькими карбидо- и нитридообразующими элементами, например 0,08V + 0,03Nb, а в сталях, содержащих азот, 0,10 V + 0,04 % A1. С учетом этого положения разработаны основные марки стали с карбонитридным упрочнением трех категорий прочности: 14Г2АФ, 16Г2АФ, 18Г2АФ. Легирование алюминием позволяет снижать размер зерна в горячекатаных, нормализованных и улучшенных сталях.

Кроме механизма дисперсионного упрочнения, можно повысить механические свойства шва реализацией механизма дисперсного упрочнения за счет образования термодинамически стабильных дисперсных частиц оксидов или нитридов, образующихся в процессе механического легирования порошковой композиции, являющейся составной частью покрытия электродов. Однако в этом случае снижаются пластические характеристики металла шва.

Разработана технология получения наноразмерных термодинамически стабильных частиц тугоплавких химических соединений и равномерного их распределения в покрытии электродов в качестве модификаторов первого рода, что позволяет значительно измельчить зерно и повысить все механические свойства.

УДК 669.872: 548.735

МИКРОСТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШЕЙ ЭВТЕКТИКИ СИСТЕМЫ ИНДИЙ – ОЛОВО, ЛЕГИРОВАННОЙ ВИСМУТОМ И СУРЬМОЙ

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Представлены результаты исследование быстрозатвердевших сплавов на основе эвтектики In – 47 ат. % Sn, дополнительно легированных висмутом и сурьмой, с целью изменения структуры и механических свойств сплавов. Концентрация висмута и сурьмы составляла 1, 2 и 4 ат. %. Кусочек сплава массой ~0,2 г, взятый из средней части слитка, расплавлялся и выплескивался на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Капля растекалась по поверхности цилиндра тонким слоем и затвердевала в виде фольги. Рентгеноструктурные исследования выполнены на дифрактометре ДРОН-3. Текстура изучалась методом обратных полюсных фигур. Исследование микроструктуры проведено с помощью электронного микроскопа LEO 1455VP.

Быстрозатвердевшие фольги эвтектического сплава (In–Sn) состоят из β-фазы (In_3Sn) и γ-фазы ($InSn_4$). Легирование эвтектики (In–Sn) висмутом до 4 ат. % не приводит к появлению новых фаз. Растровая электронная микроскопия быстрозатвердевших фольг сплавов $(In–Sn)_{100-x}–Bi_x$ выявила только выделения β- и γ-фаз.

Межплоскостные расстояния d_{220} β-фазы и $d_{20\bar{2}0}$ γ-фазы монотонно возрастают с увеличением концентрации висмута (рис. 1), что свидетельствует об образовании твердых растворов висмута в β- и γ-фазах.

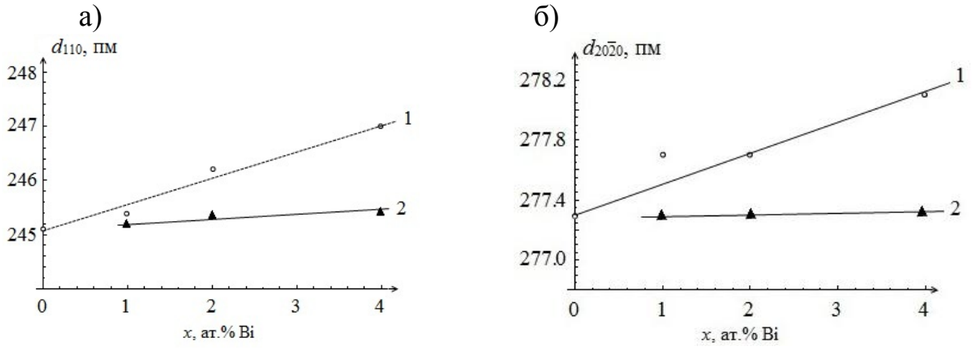


Рис. 1. Зависимость межплоскостных расстояний d_{220} β-фазы *а* и $d_{20\bar{2}0}$ γ-фазы (*б*) быстрозатвердевших сплавах $(In–Sn)_{100-x}–Bi_x$ (1) и $(In–Sn)_{100-x}–Sb_x$ (2)

Рентгеноструктурные исследования быстрозатвердевших фольг сплавов $(In–Sn)_{100-x}–Sb_x$ выявили дополнительные отражения, не принадлежа-

УДК 621.372.8:535

РЕЗОНАНСНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА ОТ ФАЗОВОЙ МАСКИ

С. О. ПАРАШКОВ, А. Б. СОТСКИЙ, В. И. СОКОЛОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЛАЗЕРНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАН»
Могилев, Беларусь; Москва, Россия

Фазовая маска (ФМ) представляет собой диэлектрическую пленку, на поверхности которой создана рельефная дифракционная решетка. В докладе моделируется отражательная способность ФМ в виде полимерной волноводной пленки, расположенной на кварцевой подложке (рис. 1). Анализ проводится с позиций использования ФМ в качестве рефрактометра.

Из литературы известно, что поверхность гофрированного диэлектрического волновода может эффективно отражать свет. Но до настоящего времени этот эффект исследовался применительно к созданию дифракционных зеркал и частотных фильтров. Ниже показано, что он может иметь и сенсорные приложения.

Исследована ФМ с хлорсодержащей полимерной пленкой толщиной $d_f = 7 мкм$, показатель преломления которой $n_f = 1{,}65 - i10^{-6}$. Дифракционная решетка на поверхности пленки имеет треугольный профиль рельефа, период которого $d = 0{,}6 мкм$, а высота $h = 0{,}2 мкм$. Поверхность решетки контактирует с жидкостью, имеющей показатель преломления n. Возбуждение ФМ осуществляется со стороны подложки гауссовым пучком ТЕ поляризации. Пучок падает из воздуха. Его ось составляет угол θ с нормалью к поверхности подложки. Пучок имеет длину волны $\lambda = 0{,}6328 мкм$ и радиус $w = 300 мкм$. Подложка представляет собой плоскопараллельную пластину, толщина и показатель преломления которой равны соответственно $d_s = 1500 мкм$ и $n_s = 1{,}457 - i10^{-7}$.

Для расчета дифракционного поля использовали метод Галеркина, в котором базисными функциями служат локальные моды рельефной дифракционной решетки. Построение этих мод на основании теоремы Флоке осуществлено без использования рядов Фурье для диэлектрической проницаемости решетки, что обеспечило быструю сходимость решения (практически стопроцентная сходимость достигнута при числе локальных мод, не превышающем 7).

экспоненциальным затуханием. Параметры этого импульса тесно взаимосвязаны с состоянием зубьев колес, поэтому они используются в качестве диагностического признака для оценки технического состояния зубчатых передач.

Важным правилом при вейвлетном анализе вибросигналов является то, что вид вейвлета должен быть максимально подобен форме ударного импульса. Кроме того, вейвлетная функция должна иметь узкий частотный образ, т.е. содержать выраженную центральную частоту для обеспечения избирательности в частотной области.

Результаты натурного эксперимента на реальном многовальном зубчатом приводе с последующим вейвлет-преобразованием вибросигналов показали взаимосвязь вейвлетных коэффициентов и степени развития локального дефекта одного из колес привода (рис. 1).

а) б)

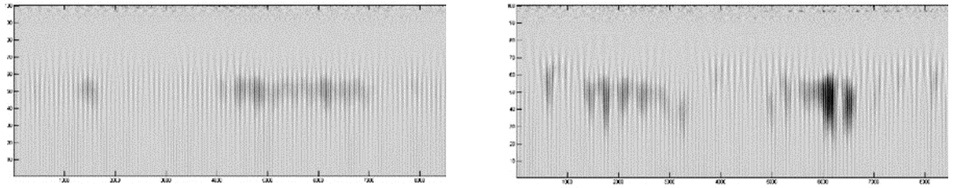


Рис. 1. Скалограммы вибросигнала исправного зубчатого привода (а) и привода с поврежденным зубчатым колесом (б)

Принимая во внимание, что экспериментальное зубчатое колесо в исходном состоянии имеет и другие технологические погрешности в пределах своей степени точности, не обеспечивающие идеальные условия пересопряжения каждой пары зубьев, на рис. 1, а видна некоторая неравномерность сигнала. Однако максимальные значения вейвлет-коэффициентов в этом случае ниже, поскольку на вибросигнал не накладываются дополнительные динамические воздействия от смоделированных локальных дефектов.

Проведенные исследования доказывают информативность вейвлет-коэффициентов при диагностике зубчатых передач, позволяют получить количественную оценку степени повреждения. Своеобразность графического и аналитического представления вейвлет-преобразований вибросигналов позволяет исследователям самостоятельно разрабатывать методики анализа результатов анализа.

щие β- и γ-фазам. Установлено, что они являются отражениями 111, 220, 311 антимонида индия InSb. Темные выделения соответствуют выделениям InSb. Размер сечений частиц антимонида индия находится в пределах 0,1 – 0,3 мкм, расстояние между ними 0,5–1 мкм. Объемная доля InSb в сплаве $(In–Sn)_{96}–Sb_4$ достигает 9 %, а удельная поверхность межфазной границы между частицами антимонида индия и матрицей, состоящей из β- и γ-фаз, равна 3 мкм$^{-1}$. Независимость межплоскостных расстояний d_{220} β-фазы и $d_{20\bar{2}0}$ γ-фазы от концентрации сурьмы в сплавах $(In–Sn)_{100-x}–Sb_x$ свидетельствует о незначительной ее растворимости в β- и γ-фазах.

Быстрозатвердевшие фольги эвтектики, дополнительно легированной висмутом и сурьмой, имеют микрокристаллическую структуру и преимущественную ориентировку зерен. Во всех сплавах наблюдается текстура (202) β- фазы и двойная текстура $(0001)+(10\bar{1}0)$ γ-фазы.

Графики зависимостей микротвердости быстрозатвердевших фольг сплавов $(In–Sn)_{100-x}–Bi_x$ и $(In–Sn)_{100-x}–Sb_x$ от концентрации легирующих элементов представлены на рис. 2.

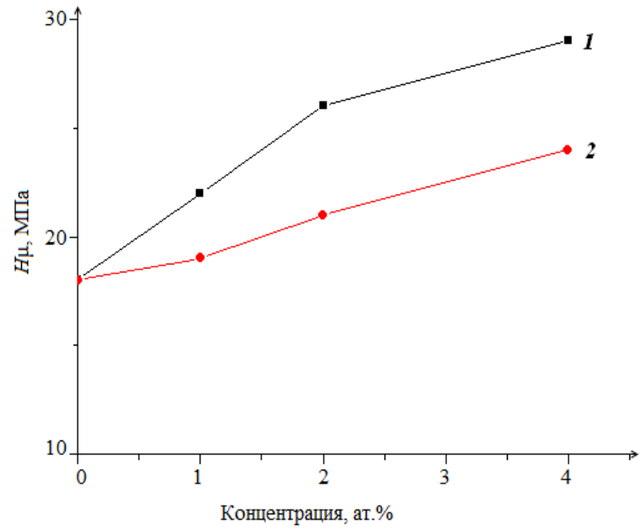


Рис. 2. Зависимость микротвердости быстрозатвердевших фольг сплавов $(In–Sn)_{100-x}–Bi_x$ (1) и $(In–Sn)_{100-x}–Sb_x$ (2) от состава

Введение в двойную эвтектику (In–Sn) до 4 ат. % висмута и сурьмы приводит к увеличению H_μ на 30 и 60 % соответственно. Монотонное повышение микротвердости при легировании эвтектики висмутом обусловлено действием твердорастворного механизма упрочнения, а при легировании сурьмой – дисперсионным механизмом.

УДК 669.6:538.9

СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШЕГО СПЛАВА Bi – 38 мас. % Sn

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ, Л. П. ЩЕРБАЧЕНКО
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Для изготовления бессвинцовых припоев, во многих случаях, целесообразно использовать ресурсо- и энергосберегающие технологии, к которым относится и высокоскоростное затвердевание. Однако, при охлаждении жидкой фазы со скоростью выше 10^5 К/с в быстрозатвердевших сплавах формируется структура, существенно отличающаяся от структуры материалов, получаемых при традиционных скоростях охлаждения. В связи с этим исследование структуры, физических свойств и стабильности быстрозатвердевших сплавов системы висмут – олово является актуальным.

Сплав Bi – 38 мас. % Sn получен сплавлением висмута и олова, чистота которых 99,99 %. Фольги сплава получены кристаллизацией капли расплава на внутренней полированной поверхности вращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения жидкости при получении фольг достигала значения $5 \cdot 10^5$ К/с. Исследование микроструктуры фольг осуществлялось с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP. Микротвердость H_μ фольг измерена на приборе ПМТ-3.

Изображения микроструктуры поперечного сечения быстрозатвердевшей фольги сплава Bi – 38 мас. % Sn, полученного растровой электронной микроскопией через 1 и 11 суток после ее старения при комнатной температуре представлены на рис. 1.

а) б)

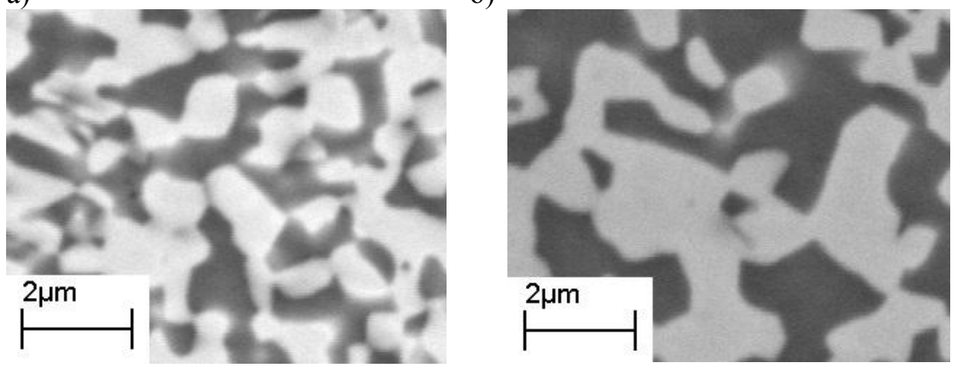


Рис. 1. Микроструктура быстрозатвердевшей фольги сплава Bi – 38 мас. % Sn после старения в течение 1(а) и 11(б) суток

УДК 621.833:517.443

ВРЕМЯ-ЧАСТОТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВИБРОСИГНАЛА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УДАРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Д. В. ОМЕСЬ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Вращающиеся узлы машин, такие как редукторы, передаточные механизмы, подшипниковые узлы и пр., подвержены быстрому износу и поломкам в силу высоких нагрузок и скоростей. Наличие периодически повторяющихся ударных импульсов повышенной амплитуды в вибросигнале свидетельствует об ухудшении технического состояния механической системы, как правило это уже имеющийся в исследуемой системе дефект.

Ударные импульсы, присутствующие в вибрационном сигнале зубчатых механизмов, характеризуются рядом параметров, таких как момент возникновения, декремент затухания, начальная амплитуда и частота повторения. Приведенные параметры являются диагностическими признаками, отражающими техническое состояние механической системы, и могут быть использованы при решении задач выявления и классификации дефектов зубчатых колес многовальных зубчатых приводов.

В настоящее время накоплен достаточно существенный набор методов эффективной виброакустической диагностики и анализа элементов механических зубчатых приводов. Они основаны на Фурье-преобразовании, дают обобщенную картину виброактивности исследуемой системы и позволяют в ряде случаев успешно выявить и локализовать дефект.

Однако в реальных условиях эксплуатации механизмов, когда режимы их работы непостоянны, чувствительность и достоверность этих методов снижается. В последнее время при исследовании виброактивности зубчатых передач активно развивается метод время-частотного преобразования виброакустического сигнала, основанный на использовании вейвлетов.

Вейвлеты и основанные на них интегральные вейвлет-преобразования были предложены в начале 90-х гг. прошлого века и в последующее время интенсивно развивались. Благодаря прекрасному представлению локальных особенностей сигналов, принципиально отсутствующих у рядов Фурье, вейвлеты нашли практическое применение для анализа тонких особенностей сложных нестационарных сигналов, возбуждаемых при работе многовальных зубчатых приводов.

Сигнал, возникающий от соударений зубьев колес, имеет во временной области характерную форму резко возникающего импульса с быстрым

структурной неоднородности, что при магнитном контроле дефектов сплошности является мешающим фактором, за счет появления помех от зоны термического влияния.

На основе анализа литературных источников было выдвинуто предположение, что, если отстроиться от помех, то можно успешно применять магнитографический метод для контроля сварных соединений теплоустойчивых сталей. После проведения экспериментальных исследований был предложен способ магнитографического контроля на остаточной намагниченности, который позволяет осуществить отстройку от помех, обусловленных магнитными неоднородностями зоны термического влияния; при этом было установлено, что контроль можно осуществить только в замкнутой магнитной цепи. Был также разработан способ намагничивания, позволяющий выявлять разноориентированные дефекты в сварных соединениях за счет применения разработанных намагничивающих устройств.

В соединениях, выполненных сваркой трением, магнитная неоднородность проявляется только на границе ЗТВ и основного металла, что дает возможность определения границ зоны термического влияния на изделиях, прошедших механическую обработку, магнитографическим методом.

Для обеспечения высокой чувствительности магнитографического контроля соединений труб, выполненных сваркой трением, было разработано намагничивающее устройство, которое состоит из трех электромагнитов, полюсные наконечники которых охватывают всю трубу по окружности, причем один электромагнит устанавливается стационарно, а два других расположены симметрично относительно плоскости, проходящей через ось горизонтально расположенной трубы.

Для унификации установки, т.е. для возможности контроля труб различного диаметра, полюсные наконечники предусмотрены сменными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грабин, В. Ф**. Металловедение сварки плавлением / В. Ф. Грабин. – Киев : Наукова думка, 1982 – 415с.

2. **Хромченко, Ф. А.** Сварка оборудования электростанций / Ф. А. Хромченко. – М., 1977. – 366 с.

На снимке наблюдаются светлые и темные области, которые соответствуют, как показали рентгеноструктурные и рентгеноспектральные анализы, твердым растворам на основе висмута и олова (в дальнейшем висмута и олова). Значения объемной доли олова V_{Sn}, удельной поверхности межфазной границы S и средней длины хорды случайных секущих на сечениях олова d_{Sn} после старения сплава Bi – 38 мас. % Sn приведены в табл. 1.

Табл. 1. Параметры микроструктуры фольги сплава Bi – 38 мас. % Sn

Время старения, сутки	1	11
V_{Sn}	0,22	0,32
S, мкм$^{-1}$	2,1	1,5
d, мкм	0,40	0,75

При старении средняя длина хорд d_{Sn} возрастает с 0,40 мкм до 0,71 мкм. Укрупнение микроструктуры в быстрозатвердевшей фольги сопровождается уменьшением удельной поверхности S межфазной границы с 2,1 до 1,5 мкм$^{-1}$ и увеличением объемной доли олова V_{Sn} с 0,22 до 0,32.

Изменение микроструктуры фольги сплава Bi – 38 мас. % Sn при старении оказывает влияние на физические свойства. Микротвердость фольги увеличивается (рис. 2), а удельное электросопротивление уменьшается. Изменение свойств активно проходит при старении в течение первых суток, а затем скорость их изменения затухает.

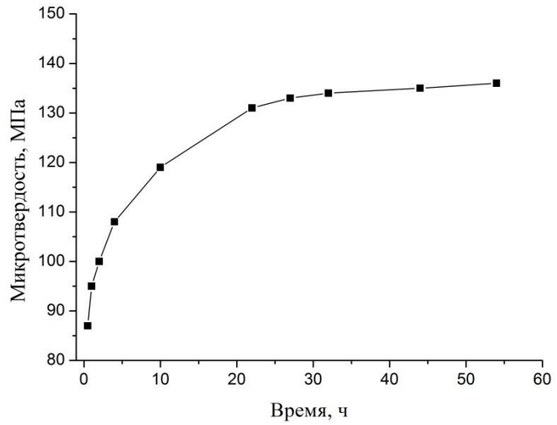


Рис. 2. Изменение микротвердости сплава Bi – 38 мас. % Sn при старении

Совершенствование структуры зерненных и межфазных границ, укрупнение микроструктуры в процессе старения приводят к уменьшению вклада зернограничного проскальзывания при пластической деформации и вызывает, тем самым, увеличение микротвердости, а также приводит к уменьшению рассеяния электронов, обусловливая уменьшение удельного электросопротивления.

УДК 621.791.763

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЫ НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНОСА ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕРЕЗ ДУГОВОЙ ПРОМЕЖУТОК В УСЛОВИЯХ ДВУХСТРУЙНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗОНЫ ГОРЕНИЯ ДУГИ

В. П. ДОЛЯЧКО, В. П. КУЛИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время способ дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов является наиболее распространенным на производстве. В качестве защитной атмосферы в данном случае предпочтительно использовать смеси на основе аргона, так как процесс сварки с использованием таких смесей обладает рядом преимуществ, по сравнению со сваркой в среде углекислого газа: пониженное разбрызгивание металла, лучшее формирование и внешний вид сварного шва. Однако достаточно высокая стоимость данных смесей препятствует их широкому применению на отечественных предприятиях. Для сокращения количества расходуемого аргона предлагается использовать двухструйный способ газовой защиты. Суть данного способа заключается в независимой подаче по двум коаксиальным каналам компонентов газовой смеси. В результате частичного перемешивания этих компонентов формируется защитная атмосфера определенного состава.

С целью изучения влияния соотношения расходов защитных газов на переход легирующих элементов из сварочной проволоки в металл сварного шва, был проведен ряд экспериментальных исследований. Суть эксперимента заключалась в последовательной наплавке металла на пластины и последующем химическом анализе наплавленного металла. В ходе экспериментов углекислый газ подавался по кольцевому каналу сопла, аргон – по центральному. Соотношение расходов газов было следующим: для углекислого газа расход был постоянным и составлял 7,5 л/мин, расход аргона изменялся в диапазоне от 1 до 8,5 л/мин. Наплавка производилась с жестким закреплением горелки на сварочном тракторе, что позволило избежать колебаний скорости сварки, вылета электродной проволоки, а также других факторов, способных оказать негативное влияние на полученные результаты.

В результате проведенных исследований определена зависимость перехода легирующих элементов из сварочной проволоки в наплавленный металл от соотношения расходов защитных газов при двухструйном способе подачи.

УДК 620.170

ОСОБЕННОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ СТАЛЕЙ

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

Многие сварные конструкции предназначены для работы в сложных условиях при действии знакопеременных нагрузок, высоких температур, агрессивных сред. Для обеспечения требований, предъявляемых к сварным конструкциям, работающим в таких условиях, следует применять стали, характеризующиеся высокими прочностными, пластическими, коррозионными и другими свойствами. Примером таких конструкций являются трубопроводы энергетических установок, которые изготавливаются из конструкционных низколегированных и среднеуглеродистых сталей. Эти стали различного химического состава, структуры, свойств и, следовательно, назначения. К ним относятся теплоустойчивые стали перлитного класса (12ХМ, 15ХМ, 20ХМ, 12Х1МФ, 15Х1МФ и др.), которые обладают повышенной механической прочностью при высоких температурах и при длительных постоянных нагрузках, а также жаростойкостью.

Сварные соединения теплоустойчивых сталей характеризуются неоднородностью структуры и свойств металла по зонам сварного соединения, наличием концентраторов напряжений в виде недопустимых технологических дефектов шва и т. д. Сложные условия работы энергетического оборудования, а также наличие дефектов в сварных соединениях приводят к их повреждаемости в процессе эксплуатации. Все это требует совершенствования проектно-технологических проработок, повышения культуры производства, а также совершенствования и разработки методов и средств неразрушающего контроля сооружаемых и эксплуатируемых сварных конструкций [1, 2].

Анализ особенностей сварных соединений из теплоустойчивых (закаливающихся сталей) показал, что в сварном шве встречаются те же дефекты, что и при сварке низкоуглеродистых сталей: непровары, поры, шлаковые включения, трещины, а в зоне термического влияния (ЗТВ) встречаются в основном трещины. Трещины, возникающие в ЗТВ, могут иметь различную ориентацию по отношению к продольной оси шва, что вызывает дополнительные трудности выявления таких дефектов радиационным, ультразвуковым методами, в связи с неоднородностью химического и фазового состава, величины зерна и напряженного состояния. Как известно, магнитные характеристики сварного шва и ЗТВ зависят от химической и

дольной акустической волны. В свою очередь, для оценки удлинения может быть использована поперечная волна.

Описанный подход был реализован для измерения напряжения в шпильках в процессе затяжки. Комплект оборудования включает специализированный электронный блок, акустический блок, управляющий компьютер и программное обеспечение, позволяющее проводить измерения в on-line режиме. Электронный блок содержит два канала передачи – приема сигналов. Один канал предназначен для продольных волн, второй – для поперечных волн, осуществляет генерацию электрических импульсов подаваемых на акустический блок, прием, обработку и усиление электрических импульсов, поступающих от акустического блока, после прохождения ультразвуковых импульсов через шпильку. Акустический блок (рис. 1) содержит два электроакустических преобразователя: один для излучения – приема продольных акустических волн, второй для излучения – приема сдвиговых (поперечных) упругих волн.

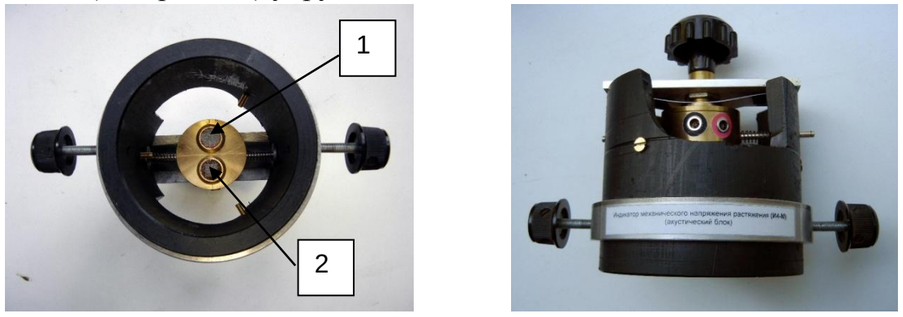


Рис. 1. Акустический блок: 1, 2 –датчики продольной и поперечной волн

На рис. 2 представлен интерфейс пользователя программы для измерения напряжения. Предварительно вводятся параметры измерения, такие как длина изделия, расстояние, подвергаемое воздействию при затяжке, и т. д. Для оценки напряжений сигнал фильтруется, так как нас интересует фазовая скорость звука. Вычисления проводятся на основании корреляционных зависимостей, полученных на разрывной машине.

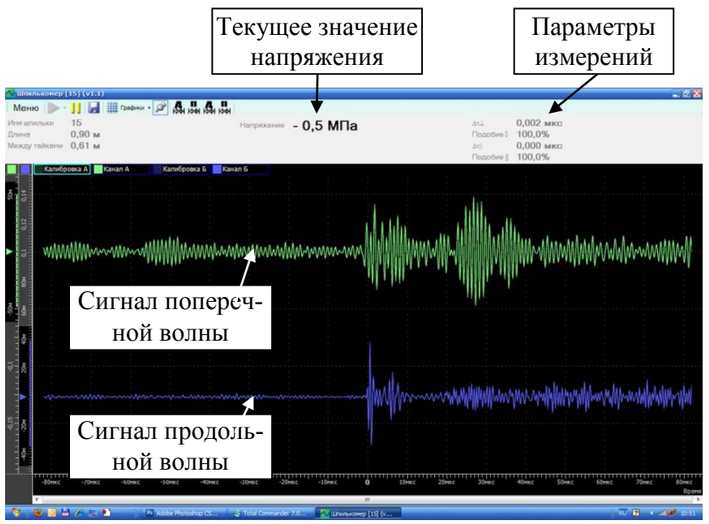


Рис. 2. Интерфейс пользователя

УДК 621.791.763.1

О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ СВАРКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКЕ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ

С. Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, В. А. ПОПКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Электроды, используемые для контактной точечной сварки, являются инструментом, при помощи которого осуществляется непосредственный подвод к свариваемым деталям сварочного напряжения и усилия сжатия. Одновременно электроды осуществляют отвод тепла, выделяющегося в деталях при сварке. Под действием напряжений и высокой температуры в металле рабочей части электрода возникает неравномерная пластическая деформация, которая приводит к его неравномерному разупрочнению и снижению работоспособности [1].

Характерной особенностью работы сварочных электродов является циклический характер действия температуры и давлений. Чем выше темп сварки (количество свариваемых точек за минуту), тем интенсивнее нагревается рабочая поверхность электрода. Максимальные рабочие температуры в электродах значительно превосходят температуры рекристаллизации сплавов, применяемых для их изготовления.

Анализ картины распределения температуры по контактной поверхности сварочных электродов (рис. 1) при наличии обычного водяного охлаждения (температура жидкости (10–15 °С) показывает, что для увеличения стойкости сварочных электродов и снижения процессов массопереноса темп сварки не должен превышать 30 точек в минуту (кривая 2). В этом случае средние температуры на рабочей поверхности электрода не превышают температуры размягчения материалов электрода и покрытия (190 °С). При темпе сварки 45 точек в минуту температура поверхности электрода подымалась до 320–350 °С (кривая 1), что значительно выше температуры размягчения электродного материала и близка к температуре плавления цинкового покрытия. При охлаждении электродов жидкостью с температурой -40 °С темп сварки может быть увеличен до 45 точек в минуту, при котором максимальные температуры поверхности электрода не превышают 190 °С (кривая 3). Низкие температуры охлаждающей жидкости позволяют повысить производительность процесса сварки без снижения работоспособности сварочного электрода.

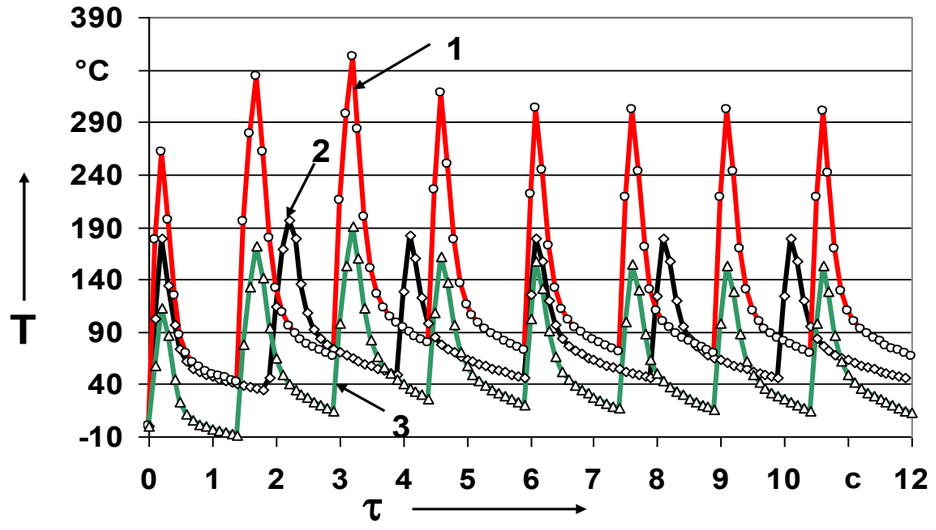


Рис. 1. Изменение температуры контактной поверхности сварочного электрода в процессе сварки: 1 – сварка с темпом 45 точек в минуту (температура охлаждающей жидкости 10 ºС); 2 – сварка с темпом 30 точек в минуту (температура охлаждающей жидкости 10 ºС); 3 – сварка с темпом 45 точек в минуту с охлаждением жидкостью с температурой -40 ºС

При контактной точечной сварке темп сварки не должен превышать 30 точек в минуту при охлаждении электродов жидкостью с температурой 10 ºС. При охлаждении сварочных электродов жидкостью с температурой -40 ºС темп сварки может быть увеличен в 1,5 раза. Использование электродов с улучшенным охлаждением рабочей поверхности и жидкости с температурой не выше -40 ºС позволяет в 3–5 раз повысить стойкость сварочных электродов [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оборудование для контактной сварки: справ. пособие / Под ред. В. В. Смирнова. – СПб. : Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.

2. **Пат. на полезную модель BY 3803, МПК(2006) B23K11/30.** Электродный узел для контактной точечной и рельефной сварки / Е. Ю. Латыпова, С. Н. Емельянов, С. М. Фурманов, Ю. А. Цумарев, Т. И. Бендик ; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20060890 ; заявл. 27.12.07 ; опубл. 30.08.07, Бюл. № 4. – 3 с.

УДК 620.179.16

МЕТОД И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕЗЭТАЛОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ РАСТЯЖЕНИЯ ПРИ ЗАТЯЖКЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Н. В. ЛЕВКОВИЧ, А. Л. МАЙОРОВ, В. В. ПАРАДИНЕЦ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Известно, что определение степени затяжки резьбовых соединений является необходимым условием работоспособности многих технических систем. Наиболее широкое применение для измерения степени затяжки получили динамометрические ключи. Однако точность измерения данным инструментом не всегда адекватна стоящей задаче. Связано это с рядом объективных трудностей, например, трением в резьбовом соединении. Наиболее рациональным является измерение создаваемого в процессе затяжки механического напряжения непосредственно в болте или шпильке. Хорошие перспективы для этих целей имеет метод акустоупругости. Суть метода заключается в зависимости упругих характеристик материала от действующих механических напряжений. Упругие характеристики, в свою очередь, могут быть определены по изменению скорости распространения упругих колебаний. Эффекты изменения скорости малы, составляют единицы процентов, но при современном уровне развития техники измерений, достаточны, чтобы устойчиво фиксироваться. На основании описанного явления в Российской Федерации был разработан ГОСТ Р 52889-2007 «Акустический метод контроля усилия затяжки резьбовых соединений». Однако реализация данного стандарта достаточно сложна, так как при увеличении усилия затяжки ,кроме возникновения напряжений, происходит удлинение болта или шпильки, что вносит ошибку в измерительную процедуру. Обычно для оценки удлинений в расчетных формулах может быть использован соответствующий коэффициент. Но этот коэффициент должен быть определен для каждого материала и для используемой термообработки.

С целью устранения данного влияния и упрощения измерительной процедуры, нами предложен безэталонный метод измерений. Суть метода заключается в использовании нескольких мод колебаний. Следует учитывать, что напряжения воздействуют на те моды акустических колебаний, направление смещения частиц в которых совпадают с приложенными механическими напряжениями. При затяжке резьбового соединения в нем возникают растягивающие напряжения в осевом направлении и небольшие усилия сжатия в поперечном направлении. Например, возникающие в результате затяжки напряжения растяжения действуют вдоль оси объекта контроля. Для их фиксации рациональным является использование про-

т. к. нормальная составляющая поля выпуклости шва в плоскости его симметрии равна нулю и увеличивается к краям шва. Поэтому остальная поверхность шва остается темной. Если в плоскости симметрии шва есть протяженный дефект, то он проявляет себя на пленке темным следом, по обе стороны которого наблюдаются светлые полосы. Чем больше дефект и глубина его залегания, тем шире темная полоса и суммарная ширина следа темной и светлых полос. По этим двум параметрам диффузно отраженного светового излучения от пленки можно количественно оценить величину несплошности, не прибегая к получению его цифрового изображения и компьютерной обработке полученных результатов. Сказанное подтверждается результатами экспериментальных исследований.

Контролируемый образец представлял собой пластину из стали Ст3 размерами 350х350х6 мм. Посередине пластины автоматической сваркой под слоем флюса был наплавлен валик, имитировавший выпуклость стыкового сварного шва, высотой 3,0 и шириной 14,8 мм. В его корне был профрезерован паз шириной 1,0 мм, глубина которого изменялась от 2,5 мм до нуля на отрезке 100 мм по линейному закону. Для намагничивания применяли электромагнит с сечением полюсов 40х175 мм, числом витков обмоточного провода диаметром 1,4 мм намагничивающей обмотки – 450. Образец укладывали на рабочие поверхности полюсов электромагнита таким образом, что прижатая к выпуклости шва пленка и электромагнит находились по разные стороны. Намагничивание осуществляли при различных режимах, предварительно оптимизировав условия контроля. На рис. 1 показано изображение индикаторного рисунка дефекта на пленке, находящейся на поверхности валика. Как видно из фотографии, дефект проявляет себя индикаторным рисунком на пленке в виде протяженной темной полосы, ширина которой зависит от его глубины. Минимальная глубина обнаруженной несплошности, находящейся в корне шва, составляет 9 % от толщины основного металла или 6 % от толщины контролируемого сечения.

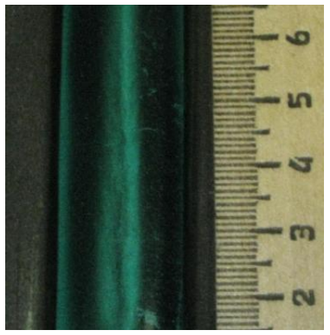


Рис. 1. Изображение индикаторного рисунка протяженной несплошности на визуализирующей магнитные поля пленке

Таким образом, исследования показали, что используя визуализирующую магнитные поля пленку, можно обнаруживать дефекты в стыковых сварных соединения с выпуклостью шва.

УДК 621.791.763

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ С ДВУХСТРУЙНОЙ ПОДАЧЕЙ ЗАЩИТНОГО ГАЗА В ЗОНУ ГОРЕНИЯ ДУГИ

А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из направлений совершенствования процесса дуговой сварки в защитных газах является реализация двухструйной независимой подачи компонентов защитной газовой смеси в зону горения дуги и создание требуемой атмосферы по средствам их смешивания. Газы подаются в зону сварки через специальное сопло сварочной горелки, имеющее коаксиально расположенные концентричные кольцевые отверстия. Через внутреннее отверстие подается аргон, через наружное – углекислый газ. При этом, потоки газов смешиваются между собой, образуя в зоне сварки газовую смесь переменного состава. Это открывает не только пути снижения затрат на дорогостоящие защитные газы, но и позволяет, путем регулирования расходов газов, создавать необходимые условия для сварки широкого диапазона материалов с различными системами легирования и упрочнения.

Проведены исследования, направленные на определение основных технологических параметров процесса сварки с двухструйной газовой защитой. Исследован характер влияния этих параметров на перенос электродного металла. Установлены оптимальные соотношения параметров режима сварки на основании осциллографирования процесса и определения частоты переноса капель электродного металла.

Экспериментальные исследования проведены с использованием современного оборудования и средств измерения, прошедших метрологическую поверку.

На основании проведенных исследований разработаны практические рекомендации по использованию предлагаемой технологии для сварки различных групп сталей. При этом, в зависимости от системы легирования стали, определены расходы защитных газов, обеспечивающие создание в зоне горения дуги защитной атмосферы оптимального состава. Это позволяет избежать чрезмерного окисления легирующих элементов при переходе капель электродного металла через дуговой промежуток и создать необходимые условия для стабильного характера переноса электродного металла.

УДК 621.79

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ 15Х5М, ВЫПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРОДАМИ ТМЛ-3У

А. Г. ЛУПАЧЕВ, М. Ж. СОЛОДКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В нефтехимическом производстве широкое применение находит сталь15Х5М. Эта сталь по СТБ ISO 15608 соответствует группе 5.3. При сварке она склонна к образованию холодных трещин, возникающих по механизму хладноломкости или замедленного разрушения. Поэтому сварку таких сталей выполняют с предварительным подогревом и последующей термической обработкой.

При изготовлении сварных конструкций, применяемых в нефтехимии, часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда невозможно выполнить термическую обработку. В этом случае сварку выполняют аустенитными сварочными материалами с содержанием никеля более 60 %, т. е. образуется сварное соединение разных структурных классов.

Подобные соединения встречаются также в современных блоках тепловых электростанций, в атомных энергетических и силовых установках.

Задача получения качественных сварных соединений разнородных сталей, хотя и непроста, но разрешима и к настоящему времени неплохо выполняется. Значительно сложнее обеспечить эксплуатационную надежность такого сварного соединения. Поскольку они длительно (15…25 лет) эксплуатируются при высоких нагрузках в условиях нестационарного температурного поля и коррозионно-активных средах.

Объектами исследования являются трубопроводы из теплоустойчивой стали 15Х5М, установки вакуумной перегонки мазута, сваренные электродами ТМЛ-3У, которые рекомендуются для сварки трубопроводов из сталей типа 12ХМ, 15ХМ, 20МХЛ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 20Х1МФ и др., работающих при температуре не более 570 ºС. Т. е сварные соединения, несмотря на нормативную несущую способность, значительно уступают основному металлу по коррозионной стойкости, что недопустимо.

По перлитной технологии сварку сталей 15Х5М следует выполнять электродами аналогичного химического состава основному металлу, с предварительным и сопутствующим подогревом до 250 ºС. Процесс сварки выполняют отдельными валиками, сварку последующего валика начинают после остывания предыдущего валика до температуры сопутствующего подогрева. После заполнения разделки сварное соединение подвергают высокому отпуску. При этом строго контролируют скорость нагрева и охлаждения сварного соединения.

УДК 620. 179. 14

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНКИ

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

Визуализирующая магнитные поля пленка нашла применение для контроля качества постоянных магнитов, а также дефектоскопии ферромагнитных объектов, имеющих малую кривизну, в частности, стальных литых заготовок опор рамы автомобиля БелАЗ в состоянии поставки. Пленка содержит немагнитную основу с закрепленными миниатюрными капсулами, заполненными гелем, в котором во взвешенном состоянии находятся продолговатые частицы никеля. Пленка становится светлой, когда частицы никеля располагаются параллельно ее поверхности и темнеет, когда перпендикулярно. Если ее поместить в магнитное поле, то ферромагнитные частицы никеля будут ориентированы по касательным к силовым линиям поля, т.е. визуализирующая магнитные поля пленка чувствительна как к тангенциальной, так и к нормальной составляющей магнитного поля.

Если контролируют плоские объекты, а пленка расположена на поверхности образца в межполюсном пространстве электромагнита, то в плоскости симметрии электромагнита на пленке может появиться светлая полоса, являющаяся помехой. Светлая полоса обусловлена тем, что в ее зоне на пленку действует только тангенциальная составляющая внешнего поля, под действием которой все ферромагнитные частицы ориентируются параллельно поверхности пленки. По мере удаления от светлой полосы и приближения к полюсам электромагнита увеличивается нормальная составляющая внешнего поля. Это приводит к увеличению угла наклона частиц никеля, и пленка становится все темнее. При увеличении расстояния между полюсами электромагнита светлая полоса постепенно «размывается», а затем исчезает.

При контроле стыковых сварных соединений для обнаружения протяженных несплошностей, ориентированных вдоль продольной оси шва, последний намагничивают в поперечном направлении. При этом на пленку, уложенную на поверхность выпуклости шва, будет действовать суперпозиция полей: внешнего, выпуклости шва и дефекта. Причем, эти поля содержат как тангенциальную, так и нормальную компоненту. Если пленка и электромагнит расположены по разные стороны образца, то неоднородностью внешнего поля в зоне выпуклости шва можно пренебречь. На поверхности бездефектного шва в плоскости его симметрии наблюдается узкая светлая полоса, являющаяся помехой. Ее наличие можно объяснить действием на этом участке только тангенциальной составляющей поля,

ских нормативов на выходе из дымовой трубы. Полученное в теплообменниках тепло является составной частью снабжения теплом.

Установка термокаталитического обезвреживания и утилизации непригодных пестицидов не загрязняет атмосферу веществами, выделяющимися при термокаталитическом их обезвреживании и выгрузке пыли, уловленной в каталитическом аппарате и рукавном фильтре.

В процессе исследований установлено, что процесс образования диоксинов происходит при температуре 500–700 °С, и при температурах до 750 °С они практически не разлагаются. Диоксины начинают разлагаться только при температуре выше 800 °С, и до температуры порядка 1200–1300 °С процесс является обратимым. Только выдержка при температуре выше 1300 °С в течение 4–7 с приводит к необратимому процессу распада диоксинов. Это обстоятельство предъявляет определенные требования к режиму работы термических процессов сжигания топлива, бытовых и промышленных отходов.

Сжигание отходов предлагается использовать для уничтожения других токсичных отходов, в том числе радиоактивных.

Была разработана технология уменьшения объемов радиоактивных отходов, которые образовались при дезактивации территорий, загрязненных вследствие аварии на АЭС.

Операция сжигания направлена на значительное сокращение их объема, перевод в стабильную инертную форму для долговременной изоляции от потенциального влияния на человека и окружающую среду. Это наиболее эффективный метод сокращения объема органических техногенных радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности (коэффициент сокращения до 100 раз) позволяющий перевести их в негорючее состояние, сконцентрировать радионуклиды в захороняемой золе, сэкономить объемы дорогостоящих хранилищ. Попутно может вырабатываться тепловая и электрическая энергия.

Анализ расчетов загрязненности показал, что по всем веществам, образующимся при сжигании отходов, а также группам суммирующегося действия приземные концентрации от собственных выбросов не превысят санитарных норм в любой точке.

Шлак будет стеклообразным и может использоваться в качестве заполнителя строительных изделий, при этом исключается дополнительное воздействие на почву. Обезвреживание отходов предотвращает загрязнение почвы. Концентрация загрязненных веществ, выбрасываемых в атмосферу, значительно ниже предельно допустимых и практически не будет оказывать отрицательного воздействия на экологическое состояние. Обезвреживание предотвратит дальнейшее загрязнение биосферы отходами и продуктами их разложения.

Переварку таких сварных соединений по стандартной перлитной технологии выполнить невозможно в виду недопустимости сварки «в натяг». Было принято решение переварки сварных стыков по аустенитной технологии.

Существующие сварные швы удаляли механической обработкой. Выполняли специальную форму разделки. Сварной шов удаляли на глубину, чтобы в корне шва оставался металл перлитного шва толщиной 2–2,5 мм.

Сварку выполняли аустенитными электродами системы легирования Cr-Ni-Mo-Nb. Режим сварки первого прохода корневого шва рассчитывали из условия прогрева оставшейся толщины металла до температуры несколько выше критической точки Ac_3. Такой режим сварки позволяет выполнить нормализацию литого металла «старого» корня шва. Исследования выполняли на фрагменте трубы с переваренными по предложенной технологии сварными швами.

Исследовали пять участков зоны сплавления: 1 – 15Х5М (основной металл) + 03Х22Н64М10Б4 (шов); 2 – 12Х1МФ (старый корень шва) + 03Х22Н64М10Б4 (новый корень шва); 3 – 03Х22Н64М10Б4 (новый корень шва) + 03Х22Н64М10Б4 (шов); 4 – 15Х5М (основной металл) + 03Х22Н64М10Б4 (новый корень шва); 5 – 15Х5М (основной металл) + 12Х1МФ (старый корень шва).

Примененный тип наплавленного металла обладает высокой энергией зарождения и развития трещины, что подтверждается испытаниями. Ударная вязкость металла сварного шва превосходит основной металл.

Разработанная технология позволила практически полностью устранить механическую неоднородность в корне шва. Это подтверждается графиком измерения микротвердости, которая на линии сплавления 5 – 15Х5М (основной металл) + 12Х1МФ (старый корень шва) различается не более 4 %.

Проведенные металлографические исследования показали, что литая структура в корне шва отсутствует, произошла вторичная перекристаллизация. Структура корня шва подобна структуре основного металла. Минимизация теплового воздействия при дальнейшем заполнении разделки позволила устранить кристаллизационную неоднородность на линии сплавления перлитной высокохромистой стали с аустенитным наплавленным металлом. Проведенный микрорентгеноспектральный анализ разных участков сварного соединения позволил установить, что распределение химических элементов по сечению шва равномерное, что подтверждает отсутствие развитой химической неоднородности и гарантирует высокую работоспособность.

УДК 621.791.763.2

О ФОРМИРОВАНИИ РЕЛЬЕФНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БЕЗ ЗОНЫ ВЗАИМНОГО ПРОПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА

А. Ю. ПОЛЯКОВ, С. М. ФУРМАНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При контактной рельефной сварке нахлесточных соединений ответственных конструкций (например, каркасы кузовов легковых автомобилей) их прочность обеспечивается, с одной стороны, наличием литого ядра определенного диаметра, и, с другой стороны, глубиной проплавления металла каждой детали не менее 80 % от соответствующей толщины листа.

В некоторых случаях контактной рельефной сварки малоответственных конструкций, воспринимающих незначительные эксплуатационные нагрузки (например, засовов замков дверных), глубокого взаимного проплавления свариваемых деталей может и не требоваться. В этом скрыт значительный резерв экономии электроэнергии, потребляемой сварочными контактными машинами, особенно в условиях крупносерийного или массового производства. Высокая концентрация линий протекания сварочного тока по вершине рельефа в совокупности с радиальными пластическими деформациями свариваемого металла, в 10–15 раз большими, чем при точечной сварке, дает возможность применять такие циклограммы нагрева, которые существенно уменьшают количество электрической энергии, вводимой в межэлектродную зону ($Q_{ЭЭ}$), при обеспечении приемлемой прочности соединений.

Авторами был разработан и запатентован способ контактной точечной и рельефной сварки, позволяющий поэтапно и дозированно вводить $Q_{ЭЭ}$ в межэлектродную зону путем задания многоступенчатого импульса сварочного тока.

Для обеспечения предложенного способа сварки разработали и запатентовали систему автоматического управления процессом рельефной сварки, базирующуюся на аналого-цифровом устройстве сбора данных NATIONAL INSTRUMENTS, программной среде LABVIEW и устройстве согласования с операционными усилителями и электромагнитными реле.

Затем были исследованы циклограммы трех- и двухэтапного ввода $Q_{ЭЭ}$ в межэлектродную зону путем задания трех- и двухступенчатого импульса сварочного тока в совокупности с приложением к зоне сварки повышенного ковочного усилия со стороны электродов после выключения сварочного тока. Этим удалось обеспечить приемлемый уровень прочности сварных соединений при 8–10-кратном уменьшении электроэнергии, потребляемой сварочной контактной машиной.

УДК 66.046.9

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ

О. П. КРОТ, А. И. РОВЕНСКИЙ
«ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АКАДЕМИИ НАУК Украины»
Харьков, Украина

Цель работы – сопоставить стоимость утилизации различных отходов с учетом долговременного воздействия на окружающую среду, доказать эффективность применения сжигания твердых бытовых отходов, непригодных ядохимикатов, радиоактивных отходов, которые образовались при дезактивации территорий, загрязненных вследствие аварии на атомных электростанциях.

Существующие методы захоронения отходов являются несовершенными, приводят к загрязнению окружающей природной среды и не соответствуют принципам устойчивого развития.

В настоящее время до 90 % твердых горючих отходов в мировой практике обезвреживается высокотемпературным методом сжигания. На стадии промышленного освоения находятся методы: плазмохимические, пиролиз и химические, электрохимические, биологические, каталитические. Сжигание твердых бытовых и других отходов широко используется в мировой практике. При этом наряду с технологическими и экономическими факторами значительное внимание уделяется экологическим, а именно, выбору эффективного способа очистки отходящих газов от токсичных соединений и способа предотвращения их образования. Особый интерес представляют оставшиеся после сжигания шлаки и пыль, которые могут содержать металлы и другие полезные компоненты.

Эффективность применения сжигания отходов была доказана в трех направлениях, а именно: сжигание твердых бытовых отходов, сжигание непригодных к использованию ядохимикатов и сжигание радиоактивных отходов после аварий на атомных электростанциях. Источники накопленных непригодных пестицидов разбросаны по всей территории Украины. Это влечет за собой большие транспортные расходы, на порядок превышающие стоимость этой технологии обезвреживания.

В Северо-восточном научном центре АН Украины разработан технологический процесс, предусматривающий ступенчатое обезвреживание непригодных химических средств защиты растений.

Такой процесс нейтрализации хлорсодержащих отходов обеспечивает полное их разложение. Высокая степень улавливания побочных продуктов, образовавшихся в процессе сжигания, гарантирует соблюдение Европей-

У людей, находящихся в ГПЗ онкологические очаги заболеваний возникают строго локализовано, а именно в тех местах тела, на которые спроектированы линии пересечений (узлы) глобальных сеток Хартмана и Курри, а также водных потоков. Этот неизвестный вид излучения характеризуется не только тем, что он узко локализован и направлен строго вертикально вверх, но также еще и своей неэкранируемостью: его действие прослеживается на любых этажах зданий, он проникает через все этажные перекрытия и не задерживается никакими экранирующими материалами (свинец, бетон и т. д.), которые обычно блокируют все радиоактивные излучения.

Источником когерентного ЭМ излучения и потоков заряженных частиц в литосфере являются различные линейные нарушения в подстилающих породах: границы раздела сред с разными диэлектрическими характеристиками, разломы, водные потоки и жилы, силовые кабели в технологических патогенных зонах.

Поскольку ГПЗ тесно связаны с гидрологическим подземным режимом, геофизическими и геологическими факторами, то они не остаются все время постоянными, а претерпевают изменения в силу разных причин (сейсмические колебания, активные глубинные процессы, солнечная активность, погодно-климатические изменения и т. д.) и поэтому возможно изменение ранее определенных границ геоактивных зон.

Все это создает необычные геофизические свойства ГПЗ и вызывает разноречивые мнения исследователей об основных повреждающих агентах. Немецкий ученый П. Доблер пришел к выводу, что основным повреждающим агентом в ГПЗ являются ЭМ волны миллиметрового и субмиллиметрового диапазона, идущие от когерентного излучения неизвестной физической природы.

Оказалось, что во всех геопатогенных местах, которые определялись по заболеваниям людей, геомагнетометрами, методами биолокации и другими методами, геомагнитное поле всегда было неоднородно и отличалось большими градиентами при переходе от одной точки измерения к другой. Выяснилось также, что медицинская опасность ГПЗ была тем выше, чем больше была разница в абсолютных значениях геомагнитного поля между нейтральным местом и местом с измененным геомагнитным полем в сторону сильного увеличения или снижения величины геомагнитного поля (ГМП).

Практический вывод, сделанный доктором Л. Мерсманом из всех исследований, был следующим: чем сильнее выражена неоднородность геомагнитного поля в зоне измерения, т. е. чем больше градиенты ГМП при измерении на поверхности данного места, тем выше медицинская опасность для людей, находящихся в этих местах.

УДК 621.791

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПРИЖИМОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ

М. А. СИНИЦА, И. А. СИДОРОВ, С. М. ТРИХАНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При изготовлении малогабаритных ферменных конструкций, выполненных на основе труб с использованием сварки, необходимо иметь различное дополнительное станочное оборудование, позволяющее осуществлять разделку торцов труб. Это ленточные пилы, зачистные, фрезерные станки. В последнее время на рынке сварочного оборудования стало появляться в широком ассортименте такая единица приспособления как магнитный прижим. На его основе фирмы, производящие приспособления для сварки стали изготавливать дополнительную сопутствующую оснастку. Например, малогабаритные сверлильные станки на магнитном основании. Достоинством таких малогабаритных станков является возможность устанавливать их в различных зонах свариваемых конструкций.

Для металлообрабатывающего оборудования с осевым инструментом, к которым и относится данный сверлильный станок, особых проблем с прижимом к изготавливаемым деталям, выполненным из ферромагнетика, нет. Однако на станках, оснащенных другими типами режущего инструмента, таких как, например, концевые фрезы, возникают значительные боковые составляющие сил, которые могут сместить направление реза инструмента. Например, при фрезеровании, различных разделок труб под углом, отличным от 90°, такие силы могут оказывать значительное влияние на устойчивость магнитного базирующего прихвата.

В работе представлены результаты расчета характеристик магнита, обеспечивающих обработку торцов труб диаметром до 30 мм.

Использование магнитных прижимов при фрезеровании пазов непосредственно на сварочном приспособлении позволит отказаться от применения стационарных фрезерных станков. Подготовка торцов труб и сборка сваркой ферменных конструкций может производиться на одном сварочном приспособлении. Это позволит значительно сократить время на вспомогательные операции, сэкономит энергоресурсы и даст заметную экономию средств и цены готовой детали.

УДК 621.791

КОМБИНИРОВАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КРЫЛА ЛЕГКОМОТОРНОГО САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

А. Н. СИНИЦА, С. М. ТРИХАНОВ, И. И. ЦЫГАНКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При изготовлении элементов конструкций крыла легкомоторных самолетов используются достаточно большое разнообразие конструкционных материалов: металл, дерево, фанера, различные пластики. Создание конкретной конструкции крыла зависит от условий применения легкомоторного самолета: перевозка грузов, пилотаж, обучение. При этом, то что хорошо для одного типа – может не подойти для других.

В данной работе предпринята попытка определения прочностных характеристик соединенных между собой материалов, таких как фанерный лонжерон и металлические усиления для крепления различных элементов крыла, собранных на различных типах соединений: болтовые, клеевые, комбинированные.

Для назначения размеров испытываемых образцов использовались рекомендации ГОСТ, используемые для сварных соединений. Использовались в основном нахлесточные соединения фанера – металлическая пластина в различных вариантах их соединений. Изготавливались образцы данных нахлесточных соединений, в каждой серии испытывалось по 11 образцов.

Испытания проводились на машине МУП-50. Испытаниям подвергались соединения: фанерный лонжерон – металлическая пластина на болтах, фанерный лонжерон – эпоксидный клей с добавками для пластификации, фанерный лонжерон – болтовое соединение с эпоксидным клеем ЭДП. Так же была проведена серия этих опытов, но с пластифицированной смолой. Также заметную роль в прочности соединения лонжерон-пластина играет свою роль подогрев деталей с выдержкой по времени. Предварительный подогрев и временная выдержка позволяют получить более равномерную полимеризацию массива смолы ЭДП в зоне склеивания пластина – фанерный лонжерон, которая может отсутствовать при холодной полимеризации по целому ряду причин: плохое перемешивание смолы, неоптимальное соотношение ингредиентов, участвующих в полимеризации и т. д.

Результаты испытаний показали следующее: самую низкую прочность при проведении испытаний показало соединение фанерный лонжерон – металлическая пластина соединенная на клей ЭДП. Такое стало возмож-

УДК 502/504

СВОЙСТВА ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН

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

Геопатогенные зоны (ГПЗ) представляют собой участок на поверхности Земли или вблизи ее поверхности, длительное пребывание в пределах которого любого живого организма приводит к его заболеванию, а технические системы выходят из строя. Долгое время патогенное действие ГПЗ не признавалось в медицине в связи с недостаточностью убедительных данных и отсутствием геологического обоснования природы таких зон, считавшихся каким-то особым однородным геофизическим образованием.

В результате научных исследований было показано, что ГПЗ представляют собой сложную разновидность геофизических аномалий (ГА), являющуюся особым многофакторным образованием: в них, как фокусе световых лучей, прошедших через линзу, сходятся главные действующие силы – активные геологические разломы (АГР), радиоактивные излучения и газы, подъемные водные потоки и узлы энергетических планетарных (глобальных) сеток, ранее неизвестных геофизических структур.

Основными глобальными энергетическими сетками являются три: прямоугольная сеть Э. Хартмана, ориентированная по магнитному меридиану, с размером ячеек 2х2,5 м (ширина полос 21 см), ориентированная в направлении Север-Юг, и диагональная ромбическая сеть М. Курри с ячейками 4х4 м, а иногда 5 и 7,5 м (ширина полос 50 см), идущая в виде ромбов под углом в 45º к линиям первой сетки в направлении с Северо-Запада на Юго-Восток.

В зависимости от геошироты места размер ячеек может меняться. В тех местах, где узлы этих двух сеток совпадают и проходят водные потоки, образуются особо опасные для здоровья человека участки Земли.

В городских условиях указанные сетки могут усиливаться и изменяться под воздействием естественных и техногенных факторов, которые дополнительно усугубляют вредное действие ГПЗ, ускоряя развитие разных болезней и, в том числе, онкологических заболеваний у человека.

Многолетняя практика обследования и наблюдения за лицами, которые находились долгое время в опасной зоне, показывает влияние на человека сильно проникающего, узконаправленного излучения, неизвестной физической природы, напоминающего по своему действию высокоэнергетический лазерный луч. Поэтому классический вид ГПЗ характеризуется еще наличием такого повреждающего агента, получившего название «земного излучения».

ся оптоэлектронный датчик 2, реагирующий на движущийся край стекла и запускающий процесс регистрации сигнала. Процесс регистрации и измерения осуществляется при помощи компьютера. Над системой люминесцентная лампа – поляризатор под углом к горизонту рекомендуется установить защитное стекло 8. Благодаря ему, в случае боя стеклянных образцов, осколки стекла не повредят поляризатор и не будут искажать измеряемый сигнал.

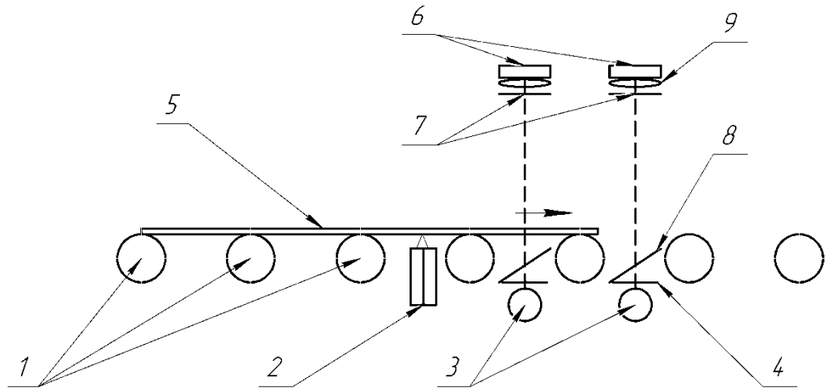


Рис. 1. Эскиз установки измерительной системы на печи закалки: 1 – вал; 2 – оптоэлектронный датчик; 3 – люминесцентная лампа; 4 – поляризатор; 5 – стеклянный образец; 6 – фотодиодная линейка, 7 – анализатор; 8 – защитное стекло; 9 – цилиндрическая линза

Предлагаемая схема легко подвергается модернизации. При необходимости получения дополнительных картин распределения интенсивностей на линию добавляются дополнительные пары источник – фотодиодная линейка с необходимой конфигурацией системы поляризатор-анализатор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Заявка на пат. РБ № a20120024**. Способ измерения распределения величины двулучепреломления в плоскости протяженного объекта и устройство для его осуществления / А. В. Хомченко [и др.].

ным из-за того, что, несмотря на большую площадь склейки двух деталей клей ЭДП имеет значительную хрупкость. Его разрушение происходило сразу по достижении точки максимума, и такой тип соединения для ответственных узлов легкомоторного самолета, испытывающего значительные знакопеременные нагрузки, использовать нельзя. Это чревато неожиданному развитию катастрофического разрушения данных силовых узлов в полете. Уменьшением негативного влияния хрупкости клея ЭДП становится введение в него перед полимеризацией пластификатора. В зависимости от количества пластификатора значения выдерживаемых вибрационных нагрузок могут сильно отличаться. В нашем случае введение 1–2 % пластификатора, снижая на 5–7 % прочность, увеличивала стойкость по времени данного соединения. Если без пластификатора соединение стояло до полного нагружения 20 секунд, то при введении пластификатора это время увеличивалось до 25–27 секунд с отсутствием точки пика в графике разрушения.

Среднюю прочность во второй серии опытов показало соединение фанерный лонжерон – пластина на болтах через дополнительные втулки-проставки, которые уменьшали смятие массива дерева, тем самым увеличивая прочность. Здесь многое зависит от диаметра этих втулок, внедряемых в массив лонжерона. Это показали дополнительные опыты по использовании втулок диаметрами 10 мм и 20 мм. Причем линейная длина втулок бралась исходя из ограничения габаритами толщины лонжерона при обжатии его болтами склеиваемых пластин. Но такой тип соединения требует увеличения количества деталей болт-втулка в единичном соединении. Также возникает ряд вопросов установки кронштейна подкоса относительно болтов закрепления этих пластин. При увеличении числа пар крепежа «болт-втулка» появляется многодетальность, а также растет масса и стоимость элемента конструкции.

Самую высокую прочность обеспечивает соединение фанерный лонжерон – пластина, собранная на болтах с прослойкой клея ЭДП. При введении пластификатора в ЭДП растет устойчивость к вибрационным нагрузкам этого соединения, но при этом приблизительно на 5 % снижается прочность. Это стало возможным, потому что в данном соединении значительная часть нагрузки с болтов, проходящих через массив фанеры, усиленной втулками, снимается эпоксидным клеем и распределяется по довольно значительной площади склейки, и данное соединение работает как торсион. К тому же установлено, что равнопрочность соединения основных материалов достигается только при определенной поверхности склеивания, которой определяется размер нахлестки.

Все вышесказанное позволяет рекомендовать при проектировании рабочих конструкций тип соединения № 3, как наиболее оптимальный, обеспечивающий заданные характеристики его эксплуатационных параметров.

УДК 621.791.763

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАРТЕНСИТНО-ФЕРРИТНЫХ ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ

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

Стали типа 10Х9МФБ применяемые в качестве материала для коллекторов котлов и паропроводов ТЭС очень чувствительны к термическому циклу сварки, склонны к закалке в околошовной зоне, охрупчиванию, образованию холодных трещин. Такие трудности при сварке сталей данного класса вызывают необходимость разработки и применения технологий послесварочной термической обработки сварных соединений.

Сталь типа 10Х9МФБ внесена в три международных стандарта и включена под маркой Р91. Проведены исследования влияния режима термической обработки для стали А335Р91. Данная сталь характеризуется теплофизическими свойствами (теплопроводностью, коэффициентом термического расширения) близкими к аналогичным свойствам сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф, что важно для благоприятных условий работы сварных соединений разнородных сталей.

Стали мартенситно-ферритного класса свариваются с обязательным предварительным подогревом до 250 ℃.

Известны два направления термической обработки таких сталей. В первом случае высокий отпуск ведут с температуры предварительного подогрева. В ходе термообработки получены следующие значения твердости: по поверхности шва 158-199 НВ, по поверхности основного металла 118-138 НВ, по сечению шва 251-291 НВ, по сечению ОШЗ 150-222 НВ, по сечению основного металла 172-200 НВ. При таком режиме термической обработки мартенситное превращение перед отпуском произойти не успевает и структура стали после отпуска имеет вид грубой феррито-карбидной смеси.

Во втором случае высокий отпуск производится из межкритического интервала температур. Значения твердости после такой термообработки: по поверхности шва 170-199 НВ, по поверхности основного металла 118–140 НВ, по сечению шва 194–230 НВ, по сечению ОШЗ 167–224 НВ, по сечению основного металла 171–200 НВ. Временное сопротивление разрыву составило 151–181 МПа, разрыв произошел по основному металлу. В этом случае, при охлаждении до интервала межкритических температур успевает произойти мартенситное превращение, высокий отпуск со структуры мартенсита позволяет получить мелкозернистую структуру сорбита имеющую высокую ползучесть и пластичность.

УДК 620.1

ДИАГНОСТИКА ЗАКАЛОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЕКЛАХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

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

Для организации контроля качества закаленного стекла в процессе его производства предлагается использовать основные принципы и решения, лежащие в основе конструкции макета автоматизированного полярископа большого поля, разработанного ранее [1]. Основная сложность реализации конструкции заключается в том, что для контроля механического напряжения необходимо в поляризованном свете производить измерения коэффициента пропускания стекла в контрольной точке при двух (и более) различных положениях системы поляризатор-анализатор. Кроме этого, стеклянный образец поступательно движется из печи на валах. Наличие валов затрудняет проведение измерений в проходящем свете, так как размеры источника света ограничены размерами пространства между валами на выходе из печи. Расстояние между двумя соседними валами составляет приблизительно 70 мм. При этом отсутствует возможность поворота источника света с поляризатором.

Кроме этого, для измерения механического напряжения в закаленном стекле картина распределения интенсивностей должна фиксироваться в монохроматическом поляризованном свете. В качестве источника света можно использовать обычную люминесцентную лампу подходящих размеров, размещенную за поляризационным светофильтром. Спектральные исследования излучения люминисцентных ламп показали наличие интенсивных узких спектральных линий (шириной около 10 нм) в районе 480 нм для синего, 550 нм – для зелёного и 615 нм – для красного цвета. Эта особенность излучения позволила упростить задачу фильтрации путем использования соответствующего светофильтра, который проще установить не на источник излучения света, а перед фотоприемным устройством.

Таким образом, предлагается установить два узких источника света с люминесцентными лампами 3 и поляризаторами 4 в соседних промежутках между валами 1 (рис. 1). При этом угол между плоскостями поляризации поляризаторов составляет 45°. Свет, пройдя через стеклянный образец 5, скрещенный с поляризатором 4 анализатор 7, фокусируется цилиндрической линзой 9 на фоторегистрирующем устройстве 6. В качестве фоторегистрирующего устройства можно использовать цифровую фотокамеру или фотодиодную линейку. Для осуществления автоматического запуска и синхронизации системы измерения на линии между валами устанавливает-

Реализация электроёмкостного метода и методики позволила эффективно использовать диэлектрические показатели для оперативного контроля и диагностики качества электроизоляционных материалов, используемых в электротехнической промышленности [1–3].

Таким образом, малогабаритная экспериментальная установка, которой располагает НИЛ диэлектрической спектроскопии БГУ, в дальнейшем может быть эффективно использована для диагностического контроля качества электроизоляционных материалов на их соответствие диэлектрических показателей нормам, регламентированным стандартами. Это даёт возможность проводить диагностический контроль и своевременно проверять на соответствие или несоответствие диэлектрических показателей электроизоляционных материалов, применяемых в высоковольтных электрических и радиотехнических устройствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зубко, В. И.** Диэлькометрический метод контроля и диагностики электрических свойств полимерных материалов электротехнического назначения / В. И. Зубко, Д. В. Зубко, Г. Н. Сицко // Изв. НАН Беларуси. – Сер. физ.-техн. наук – 2015. – № 4. – С. 28–34.

2. **Пат. на полезную модель № 9001 от 28.02.13г. Республика Беларусь.** Устройство для измерения электрических свойств полимерных композиций /Д. В. Зубко, В. И. Зубко. Заявка № u 20120669 от 07.10.12.

3. **Зубко, В. И**. Диэлькометрический метод контроля и диагностики качества материалов электротехнического назначения / В. И. Зубко, Д. В. Зубко, Г. Н. Сицко // Материалы, технологии инструменты. – 2015. – Т. 20. – № 2. – С. 111–113.

621.791.3

ФЛЮСЫ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ ЛАТУНЕЙ

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

В производстве паяных изделий из меди и ее сплавов объем пайки легкоплавкими припоями достаточно велик. Низкотемпературная пайка получила широкое распространение в связи с массовым производством электронной техники. Компьютеры, телевизоры, мобильные телефоны – изготавливают с применением пайки.

Существуют две основные группы легкоплавких флюсов: канифольные флюсы и флюсы на основе хлорида цинка. Однако, удаление оксидной пленки с поверхности латуней не обеспечивается канифольно-спиртовыми флюсами. Для повышения технологических свойств во флюсы вводят различные активирующие добавки: гидразин солянокислый, хлориды аммония, соляную кислоту, гидроксиламин гидрохлорид и т. д.

Было исследовано влияние активирующих добавок – гидразина солянокислого, хлорида аммония, соляной кислоты на технологические свойства флюса, представляющего собой водный раствор хлористого цинка.

Для исследований применялись образцы из латуни Л63 размером 40х40х1. В качестве припоя использовали ПОС61.

Одна из наиболее информативных характеристик активности флюса – площадь растекания. Для определения указанной характеристики была использована разработанная методика, отличающаяся простотой реализации и высокой точностью.

Анализ результатов исследований показал, что наиболее активным компонентом флюса по отношению к латуни является гидразин солянокислый. Оптимальное его содержание во флюсе составляет 1,2...2,5 %. При дальнейшем увеличении содержания гидраксина солянокислого во флюсе увеличения площади растекания не происходит.

УДК 621.791

ПАЯНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С СОСТАВНЫМИ НАКЛАДКАМИ

*В. К. ШЕЛЕГ, Т. С. ЛАТУН, Е. В. ИГНАТОВА
*«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

В настоящее время пайка становится важным технологическим процессом, позволяющим соединять заготовки из трудносвариваемых высокопрочных материалов, цветных металлов и сплавов, имеющих легкоплавкие защитные покрытия либо существенным образом отличающиеся друг от друга своей толщиной. При этом прочность получаемых соединений во многом зависит от их конструкции. В частности, проведенные исследования показали, что высокой работоспособностью отличаются соединения встык, выполненные с использованием двусторонних симметричных накладок. Однако при большой длине накладки, имеющей место в случае пайки заготовок большой толщины, возникают сложности с заполнением паяльного зазора. Для устранения проблем, связанных с заполнением зазора, авторами предложено использовать в конструкции соединения составную накладку, состоящую из отдельных полос, между которыми при сборке остаются капиллярные зазоры.

В таком паяном соединении использование составных накладок позволяет не только существенно улучшить условия течения припоя в паяльном зазоре и удаления воздушных пробок, что обусловлено неплотным прилеганием друг к другу элементов, из которых составлены накладки, но и повысить технико-экономические характеристики соединения. Последнее достигается возможностью широкого использования отходов в виде обрезков металлопроката, а также влиянием масштабного фактора, который способствует повышению прочности накладки, а, значит, и соединения в целом.

Расчеты напряженно-деформированного состояния, проведенные методом конечных элементов с использованием программного комплекса «SOLID WORKS», подтвердили предположение о высокой работоспособности предлагаемого соединения под нагрузкой, а механические испытания показали возможность получения соединений, равнопрочных с основным материалом.

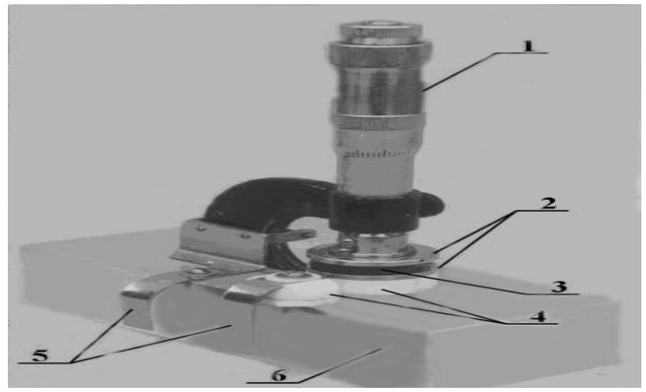


Рис. 2. Конструкция высокочувствительного электроемкостного преобразователя для контроля и диагностики диэлектрических свойств электроизоляционных материалов в диапазоне частот электрического поля 50 Гц – 1 МГц: 1 – микрометрическое устройство; 2 – дисковые электроды; 3 – измерительное пространство; 4 – фторопластовые прокладки; 5 – съемные контакты; 6 – основание из оргстекла

Геометрическую ёмкость измерительной ячейки (C_0) вычисляли по формуле

$$C_0 = \frac{C'_1 - C'_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (1)$$

где C'_1, C'_2 – электроемкости ячейки с эталонными материалами 1 и 2; ε_1, ε_2 – диэлектрические проницаемости двух эталонных материалов 1 и 2.

Относительную диэлектрическую проницаемость ячейки с электроизоляционным материалом вычисляли по формуле

$$\varepsilon' = \frac{C_2 - C_1}{C_0} + 1 \ , \quad (2)$$

где C_2, C_1 – электроемкости ячейки с материалом и без него соответственно.

Удельное объёмное электрическое сопротивление измерительной ячейки с материалом определяется как:

$$\rho = \frac{S}{dG_x} \ , \quad (3)$$

где S – площадь дискового электрода, d – толщина пластины материала, G_x – электрическая проводимость материала.

Тангенс угла диэлектрических потерь измерительной ячейки с материалом, равен:

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{G_x}{\omega\varepsilon' C_0} \ , \quad (4)$$

где ω – циклическая (круговая) частота).

УДК 533.275.08:543.712.08

ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. ЗУБКО, Д. В. ЗУБКО, Г. Н. СИЦКО
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Разработка электроёмкостного метода контроля и диагностики качества электроизоляционных материалов обусловлена необходимостью их тестирования на соответствие диэлектрических показателей, таких как, относительная диэлектрическая проницаемость (ε'), удельное объёмное электрическое сопротивление (ρ), тангенс угла диэлектрических потерь ($\mathrm{tg}\delta$), нормам, регламентированным стандартами.

Цель настоящей работы – разработка электроёмкостного метода и методики для контроля и диагностики качества электроизоляционных материалов.

Малогабаритная экспериментальная установка для контроля и диагностики комплекса диэлектрических свойств электроизоляционных материалов в диапазоне частот 50 Гц – 1 МГц описана в [1]. В её состав входят: высокочувствительный электроёмкостной преобразователь, измеритель иммитанса, персональный компьютер (рис. 1).

Рис. 1. Экспериментальная установка для контроля и диагностики комплекса диэлектрических свойств электроизоляционных материалов в диапазоне частот электрического поля 50 Гц – 1 МГц

Конструкция созданного высокочувствительного электроемкостного преобразователя представлена на рис. 2. По сравнению с существующими аналогами он обладает существенными преимуществами, изложенными в [2].

УДК 621.791

СОСТАВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В НЕРАЗЬЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

В. К. ШЕЛЕГ, Е. Ю. ЛАТЫПОВА, Е. Н. ЦУМАРЕВ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В современной технике достаточно широко применяются конструктивные элементы, в которых эксплуатационная нагрузка распределяется между несколькими составными частями, что создает дополнительные возможности в разработке эффективных металлических конструкций и узлов. Например, при конструировании ферм стержни часто выполняют в виде спаренных элементов, связанных между собой соединительными планками. По мнению авторов, этот прием может найти более широкое применение, т.к. он обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с подходом, при котором применяют соединяемые элементы сплошного типа. Эти преимущества обусловлены следующими факторами:

– масштабный фактор, в соответствии с которым уменьшение толщины или диаметра элемента приводит к повышению показателей механической прочности;

– возможность более точного соответствия толщин соединяемых элементов результатам прочностных расчетов;

– возможность вовлечения отходов металлопроката в виде обрезков для повышения коэффициента использования материала.

Предложены конкретные конструкции неразъемных соединений в которых соединяемые элементы специально выполнены составными, что позволило повысить их технико-экономическую эффективность. В частности, в конструкции трубчатых ферм составное сечение пояса обеспечивает отсутствие расцентровки элементов, сходящихся в каждом из узлов, и тем самым повышает несущую способность фермы в целом.

Другим примером являются конструкции сварных соединений с составными накладками, что позволило более эффективно использовать конструкционный материал. Использование этого приема при конструировании сварных нахлесточных соединений с лобовыми швами, кроме того, обеспечило возможность выполнения соединения без операции кантовки и исключило наличие сварных швов на лицевых поверхностях изделий.

Использование соединяемых заготовок, составленных из элементов, выполненных из материалов разной прочности, позволит повысить эффективность конструирования при неравномерном распределении рабочих напряжений, что особенно важно при наличии изгиба или концентрации напряжений.

УДК 621.791.763.2

К ВОПРОСУ О СВАРИВАЕМОСТИ АУСТЕНИТНО-ФЕРРИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Д. Н. ЮМАНОВ, А. Г. ЛУПАЧЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время для сварных конструкций, используемых в химической промышленности, ставятся достаточно высокие требования к прочности и коррозионной устойчивости. В таких случаях, замену классическим нержавеющим сталям находят аустенитно-ферритные или дуплексные стали. Стали этой группы обладают улучшенной коррозионной стойкостью и повышенной прочностью по сравнению с нержавеющими сталями с аустенитной структурой. Аустенитно-ферритные стали обладают высокой сопротивляемостью к коррозии под напряжением и стойкостью к точечной коррозии.

Свариваемость аустенитно-ферритных нержавеющих сталей может быть улучшена в результате оптимизации аустенитно-ферритного равновесия. Структура дуплексных сталей фиксируется скоростью охлаждения. Важным показателем, при сварке этих сталей, является погонная энергия. Тепловложение в дуплексные стали следует выдерживать в определенных пределах. Для низко- и среднелегированных дуплексных сталей в диапазоне 0,5–2,5 кДж/мм с температурой промежуточных слоёв не более 250 °С. Для высоколегированных аустенитно-ферритных сталей тепловложение составляет 0,2–1,5 кДж/мм с температурой промежуточных слоёв в диапазоне от 100 до 150 °С.

Аустенитно-ферритные стали подвержены образованию интерметаллидных фаз в диапазоне температур 700–900 °С. Даже в небольшом количестве (менее 1 %) они оказывают негативное воздействие на коррозионную стойкость и механические свойства этих сталей. Важно выбирать такую технологию сварки, которая сможет свести к минимуму общее время нахождения в этом температурном интервале. Кроме того, в диапазонах температур 450–500 °С и 650–800 °С, аустенитно-ферритные стали подвержены охрупчиванию. В связи с этим, особое внимание при сварке этих сталей, следует уделять соблюдению режимов сварки и температурам охлаждения.

В настоящее время, проводится ряд экспериментальных исследований, посвященных определению влияния различных вариантов газовой защиты на скорость охлаждения аустенитно-ферритных нержавеющих сталей.

ков арматуры. Способ основан на сканировании поверхности конструкции устройством, содержащим источник постоянного магнитного поля и магниточувствительные элементы. С этой целью может быть использован разработанный в Институте прикладной физики матричный преобразователь, макет которого представлен на рис. 1.

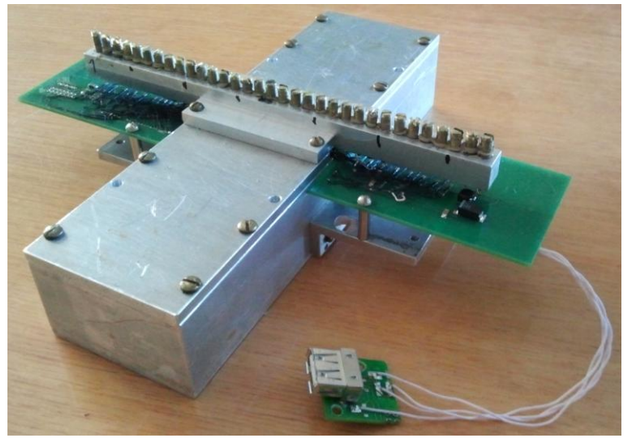


Рис. 1. Внешний вид макета матричного преобразователя

В блоке намагничивания преобразователя установлены постоянные магниты Nd-Fe-B, магниточувствительные элементы (датчики Холла), расположенные в виде линейной матрицы, и блок обработки сигналов с датчиков Холла.

При сканировании поверхности железобетонных конструкций производится последовательный опрос датчиков Холла. Сигналы с их выхода, характеризующие распределение магнитной индукции, поступают на усилитель, затем в микропроцессор и, после предварительной обработки, через USB-порт в персональный компьютер. В ПК установлены специально разработанные программы управления процессом измерений, регистрации сигналов и их последующей обработки. В распределении магнитной индукции над поверхностью конструкции, полученном при установке преобразователя над прутком арматуры, содержатся информативные параметры, по которым определяется толщина защитного слоя бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 23616-79.** Система обеспечения геометрической точности в строительстве. Общие правила контроля точности.

2. **ГОСТ 22904-93.** Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры.

УДК 620.179.14

МАТРИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. П. ГУСЕВ, А. Л. ЛУКЬЯНОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В течении жизненного цикла железобетонных зданий и сооружений от их изготовления до окончания срока эксплуатации необходима периодическая оценка их состояния, главным образом прочностных характеристик. К ряду основных параметров, определяющих прочностные характеристики, относятся геометрические [1], в частности, толщина защитного слоя бетона, диаметр и расположение прутков арматуры в конструкциях [2]. Для контроля геометрических параметров на предприятиях и на строительных объектах используются различные средства измерений и неразрушающего контроля.

Одним из методов контроля строительных конструкций является магнитный на основе которого разработаны различные приборы для контроля толщины защитного слоя бетона и диаметра прутков арматуры. Наиболее известными из этих разработок на мировом рынке являются: Profometer 5 и Profometer PM-600 (Франция); Covermeter 220 и MC8022, Elcometer Protovale 331 и Elcometer 311 (Англия); Femeter (Польша); ИЗС-10Н, ИПА-МГ5, ПОИСК-2.5 и 2.6 (Россия).

Применение по назначению существующих измерителей толщины защитного слоя бетона возможно, если в каждом конкретном случае известен диаметр находящихся в объекте контроля прутков арматуры. Информацию о диаметре получают, обычно, из проектной документации на строительные объекты, что требует затрат рабочего времени. Кроме того, документация по ряду причин может отсутствовать, например, для старых конструкций, и даже ее наличие не гарантирует достоверность контроля толщины защитного слоя, так как изготовление строительных конструкций может осуществляться с отступлениями от проекта, и диаметр прутков со временем может изменяться вследствие коррозии. Таким образом, применение известных приборов для измерения толщины защитного слоя бетона характеризуется либо значительными затратами рабочего времени (в случаях использования проектной документации и при выполнении нескольких измерений в процессе контроля), либо недостаточной достоверностью контроля.

Решением проблемы является разработка способа измерения толщины защитного слоя бетона строительных конструкций, не требующего использования проектной документации, то есть не зависящего от диаметра прут-

УДК 629.114.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ ВНЕШНЕЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСМИССИИ

Г. Л. АНТИПЕНКО, В. А. СУДАКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Техническое состояние зубчатых передач трансмиссий оценивают по суммарному угловому зазору на каждой передаче, характеризующему боковой износ зубьев шестерен, находящихся в зацеплении. Для механических трансмиссий этот параметр установлен в эксплуатационной документации. Его определяют при диагностировании неработающего автомобиля, так как между ведущим и ведомым валами имеется кинематическая связь. Получить этот же параметр у гидромеханической трансмиссии гораздо сложнее, поскольку, при неработающем двигателе кинематическая связь между ведущим и ведомым валами отсутствует, т. к. все фрикционы разомкнуты. Его можно получить, если контролировать относительные угловые перемещения ведущего и ведомого валов.

Контролировать малые относительные перемещения вращающихся валов трансмиссии можно импульсной системой. Современные компьютерные технологии позволяют отслеживать как большие, так и малые относительные перемещения вращающихся ведущего и ведомого валов трансмиссии. Для этого достаточно иметь бесконтактный высокочастотный импульсный датчик углового положения ведущего вала (датчик опорного сигнала) и датчик зубцовой частоты одного из зубчатых колес, связанного с ведомым валом. Подсчитывая количество импульсов опорного сигнала за один импульс сигнала с ведомого вала и сравнивая их между собой по количеству импульсов опорного сигнала, можно судить об относительных перемещениях ведущего и ведомого валов трансмиссии.

Выбор в качестве диагностического параметра относительного углового перемещения ведущего и ведомого валов позволяет получить однозначный, информативный и технологичный сигнал, легко обрабатываемый компьютерными средствами. Он остается однозначными и на переходных и на установившихся режимах работы.

Точность определения суммарного углового зазора будет тем выше, чем больше число генерируемых импульсов опорного сигнала за один оборот ведущего вала, В принципе, такие датчики имеются, их достаточно ввести в конструкцию и использовать для встроенной диагностики зубчатых передач трансмиссии. Но, поскольку ресурс зубчатых передач достаточно большой, диагностика их требуется только на заключительной стадии эксплуатации трансмиссии, чтобы своевременно определить начало

разрушения элементов зубчатых передач для их замены. Таким образом, длительный период эксплуатации этот датчик, как и вся система диагностики, не будет использоваться, поэтому понятно нежелание производителя усложнять конструкцию и создавать встроенную систему диагностики на далекое будущее.

Более целесообразным было бы создать внешнюю систему диагностики зубчатых передач для организаций, обслуживающих мобильную технику. При этом она будет востребована в том случае, если диагностика не потребует трудоемких операций по установке и съему датчиков, необходимых для получения диагноза. Поскольку современные машины имеют компьютерные системы управления и диагностики, то наилучшим решением было бы создание такой системы, которая использовала бы информацию либо непосредственно от нужных датчиков через дополнительные разъемы, либо через стандартный диагностический разъем. Но проблема заключается в том, что имеющиеся на машине датчики не выдают требуемый для такой системы диагностики сигнал. В частности, на автосамосвале БелАЗ-7555 имеются необходимые датчики частоты вращения турбинного вала гидротрансформатора (ведущего вала зубчатой передачи) и частоты вращения ведомого вала, используемого как датчик скорости машины. Это, как правило, датчики Холла, установленные напротив зубчатых венцов колес, связанных с тем или иным валами. На выходе они имеют прямоугольные импульсы зубцовой частоты этих колес. Но для диагностики зубчатых передач импульсным способом эта частота должна быть в несколько раз больше. Но как это сделать?

Можно исходный сигнал разбить на k частей. Поскольку процесс диагностики осуществляется при замедлении машины, т. е. в неустановившемся режиме то каждый период импульса с входного вала необходимо делить на k неравных частей, а интервалы времени определять с учетом замедления машины. Для импульсной системы это задача решаема, но требует усложнения алгоритма обработки первичной информации. С достаточной степенью точности можно из обычного низкочастотного сигнала получить высокочастотный, что позволит использовать существующие на машине датчики первичной информации для углубленной диагностики трансмиссии, перенеся аппаратное усложнение системы диагностики в усложнение алгоритма программной обработки информации, что более предпочтительно.

В настоящее время эта задача весьма актуальна, поскольку позволяет заводам-изготовителям без изменения конструкции систем управления получить дополнительные возможности для контроля технического состояния наиболее важного узла машины – гидромеханической трансмиссии.

Такой подход позволяет контролировать однородность толщины слоев в структуре $Si\text{-}SiO_2$. Оптические методы (фотометрические, эллипсометрические, волноводные и т.д.) определения параметров слоев (пленок), позволяют осуществить такой контроль с высокой точностью. Однако они сложны в реализации и требуют определенных затрат времени, что несомненно ограничивает их использование в производственном цикле.

Поэтому в рамках задачи развития экспресс контроля качества тонкопленочных покрытий на кремниевых подложках (визуализация дефектов слоев) рассмотрим отражение широких световых пучков от планарной структуры «$Si\text{-}SiO_2$». Понятно, что если слой 3 (рис. 1) однородный и имеет вдоль поверхности подложки одну и ту же толщину d, то коэффициент отражения света R от поверхности структуры «подложка-слой» везде одинаков. В местах вдоль координаты x, где слой по толщине неоднороден, коэффициент отражения испытывает приращение, которое регистрируется матрицей фотоприемников (рис. 2), где кривая 1 соответствует $\rho = 0$, кривая 2 – $\rho = 1$.

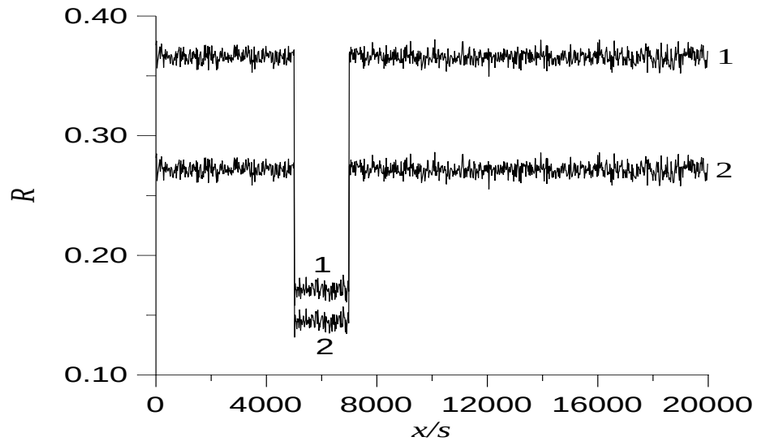


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения $R(x)$ светового пучка от координаты вдоль неоднородной пленки

Анализируя зависимости 1 и 2, представленные на рис. 2, несложно сделать вывод о качестве пленки (явно заметно, что $\Delta R = -0.19$ для TE - волн, $\Delta R = -0.12$ для TM - волн при изменении толщины на 25 %). Однако при существенно меньших изменениях толщины пленки (при отклонениях менее 10 %) эта зависимость становится менее очевидной. В этой ситуации также может быть полезным анализ так называемой автокорреляционной функции [1]. Данная функция позволяет наглядно продемонстрировать влияние неоднородности пленки (при ее наличии) на процесс отражения света.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дженкинс, Г.** Спектральный анализ и его приложения / Г. Дженкинс, Д. Ваттс. – М. : Мир. – 1971. – 314 с.

УДК 535.32: 621.378

РЕФЛЕКТОМЕТРИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЕВ В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ

А. Н. ВАСИЛЕНКО, И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Развитие нанотехнологий стимулирует исследования по разработке методов неразрушающего многопараметрического определения свойств тонкопленочных структур, которые нередко являются неоднородными, диэлектрическая проницаемость которых описывается некоторой функцией (и необязательно имеет ступенчатый характер). Примером таких структур является $Si\text{-}SO_2$, которые широко используются в микроэлектронике. Наиболее простыми и достаточно эффективными методами измерения являются рефлектометрические методы, которые основаны на измерении коэффициента отражения света от исследуемой структуры при различных углах падения (многоугловые измерения, рис. 1) и последующей оценке параметров с использованием метода наименьших квадратов путем минимизации суммы квадратов невязок

$$S(\mathbf{z}) = \sum_{i=1}^{n} \left(R_i^{\text{e}} - R(\gamma_i, \mathbf{z}) \right)^2,$$

где R_i^{e} – измеренное значение коэффициента отражения при угле падения света γ_i, отсчитанном от нормали к поверхности слоистой структуры $(i = \overline{1,n})$, $R(\gamma_i, \mathbf{z})$ – рассчитанное значение коэффициента отражения на основе предполагаемой модели диэлектрической проницаемости структуры, $\mathbf{z} = (z_1, z_2, ..., z_l)$ – комплекс неизвестных параметров структуры, которые необходимо оценить, n – количество углов, при которых производится измерение.

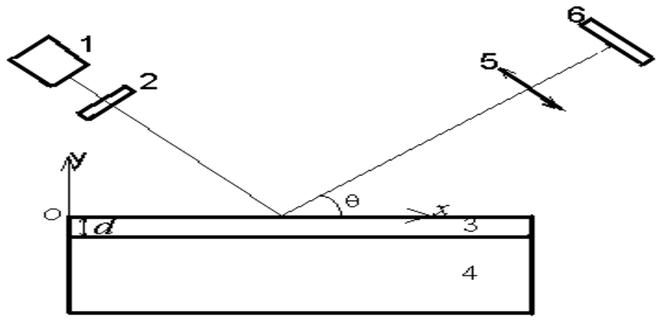


Рис. 1. Схема измерительного устройства: 1 – источник света, 2 – поляризатор; 3 – стекло; 4 – анализатор; 5 – фотокамера

УДК 621.926

УПРУГИЙ РАБОЧИЙ ЭЛЕМЕНТ ДРОБИЛОК УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

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

Наиболее известными из дробилок ударного действия с вертикальным валом являются роторные, молотковые и роторно-цепные, рабочими элементами которых являются ротор, молоток и шарнирно-сочлененный ударный элемент.

Анализ процессов, происходящих в дробилках ударного действия показал, что наибольший КПД дробилки будет при минимальных значениях работы, затрачиваемой на восстановление рабочего элемента после удара в первоначальное положение и работы, затрачиваемой на изменение скорости частицы, и максимальном значении работы, затрачиваемой на деформацию и разрушение частицы. Из чего следует, что для обеспечения максимального кпд необходим тщательный подбор параметров рабочего элемента на каждом ярусе в зависимости от параметров частиц материала. И чем больше параметров варьирования, тем больший КПД можно обеспечить.

В роторных дробилках ударный элемент жестко связан с ротором, и при взаимодействии с материалом используется энергия ротора и ударного элемента. При этом в ударе участвует большая приведенная масса, что ведет к переизмельчению материала и росту скорости частиц после удара, а, следовательно, и работы, затрачиваемой на изменение скорости частицы, что ведет к уменьшению КПД.

В молотковых дробилках молоток шарнирно соединен с ротором и дробление осуществляется за счет энергии молотков, шарнирно подвешенных к ротору. Рациональные параметры рабочих элементов можно подбирать варьируя массы молотков и их длину.

В роторно-цепных дробилках рабочий элемент представляет собой шарнирно-сочлененный элемент (цепь). Материал дробится за счет энергии шарнирно-сочлененного рабочего элемента. Рациональные параметры рабочих элементов можно подбирать варьируя массы звеньев, их длину и количество.

При ударе молотки и цепные рабочие элементы отклоняются от своих первоначальных положений и восстанавливаются за счет центробежных сил. Причем на данный процесс очень сильное влияние оказывает диаметр ротора – чем он больше, тем больше центробежная сила, восстанавливающая рабочий элемент в первоначальное положение.

Существуют также разработки молотковых дробилок в которых рабочий элемент подпружинен, данное конструктивное исполнение пружинного амортизатора позволяет дробящему элементу в случае попадания в зону дробления не дробимого куска отклоняться, обходить его и возвращаться в исходное положение, увеличивая при этом силу удара за счет сжатия пружины. В данном случае имеется дополнительная возможность варьировать еще и жесткостью пружины.

Авторами предлагается конструкция рабочего элемента представляющего собой упругий элемент с закрепленным на нем биле из износостойкого и ударопрочного материала (рис. 1).

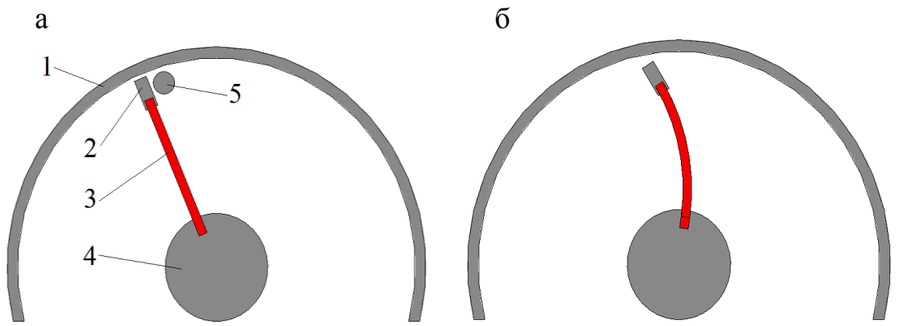


Рис. 1. Схема работы упругого ударного элемента: а – рабочий элемент перед ударом; б – рабочий элемент после удара; 1 – корпус; 2 – било; 3 – упругий элемент; 4 – ротор; 5 – частица материала

При соударении с частицей материала рабочий элемент передает частице энергию била и частично ротора, за счет жесткости упругого элемента. Вследствие чего рабочий элемент отклоняется и потом возвращается в исходное положение относительно ротора, передавая при этом необходимое количество энергии, необходимой для разрушения частицы материала и минимальное для изменения ее скорости.

Также в случае попадания в зону дробления не дробимого куска рабочий элемент отклоняется, и потом восстанавливается за счет упругости.

Данная конструкция рабочего элемента позволит использовать при ударе не только энергию самого рабочего элемента, но частично и ротора, что позволит уменьшить массу самого элемента. Степень использования энергии ротора зависит от жесткости упругого элемента. Предложенный рабочий элемент восстанавливается не только за счет центробежных сил, но и за счет силы упругости. Это позволит сделать диаметр ротора меньше чем для молотковых и роторно-цепных дробилок. Кроме этого следует отметить простоту данной конструкции.

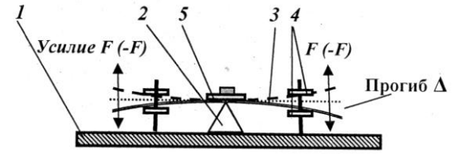


Рис. 1. Схема создания упругих напряжений растяжения и сжатия при изгибе в анизотропных образцах электротехнической стали: 1 – основание, 2 – упор-призма (фиксатор), 3 – образец (нейтральное положение, растяжение, сжатие), 4 – прижимные пластины, 5 – устройство вращения с преобразователем Баркгаузена

На рис. 2 а, б показаны круговые диаграммы зависимости МШ от угла поворота ПБ по поверхности образцов трансформаторной стали при различных значениях и знаке упругих напряжений.

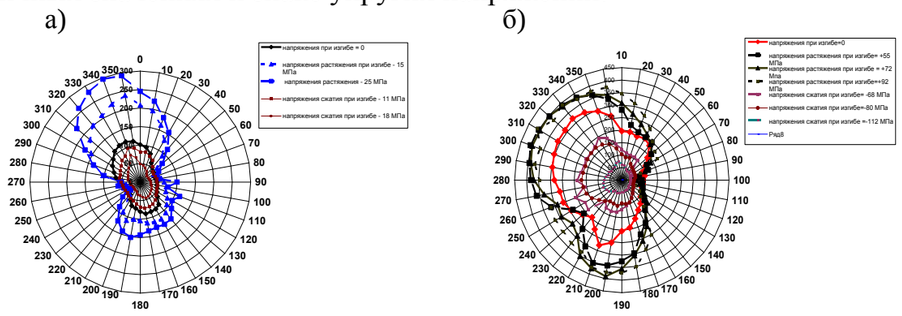


Рис. 2. Круговые диаграммы зависимости МШ от угла поворота ПБ по поверхности образцов электротехнической стали: а – образец № 1; б – образец № 2

Упругие напряжения растяжения и сжатия при изгибе приводят к резкому изменению уровня МШ с учетом знака напряжений: степень изменения МШ и вид диаграмм зависят от уровня напряжений. В результате холодной прокатки (штамповки), благодаря наличию в стали физико-кристаллографических свойств, листы имеют ярко выраженную текстуру, обусловленную направлением прокатки вдоль длины листа и совпадающей с осью «0–180º». 3. Уровень МШ вдоль направления прокатки, соответствующий более высоким магнитным свойствам материала, превышает другие направления измерения МШ. 4. Характер круговых диаграмм свидетельствует о том, что упругая деформация практически не меняет текстурованность (наведенную анизотропию, вызванную прокаткой).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Горкунов, Э. С.** Эффект Баркгаузена и его использование в структуроскопии ферромагнитных материалов (обзор 1) / Э. С. Горкунов, Ю. Н. Драгошанский // Дефектоскопия. – 1999. – № 6.– С. 3–23.

2. **Венгринович, В. Л.** Магнитошумовая структуроскопия / В. Л. Венгринович. – Минск : Нав. і тэхн.,1991. – 285 с.

3. **Бусько, В. Н.** Устройство для исследования и контроля анизотропии физико-механических свойств ферромагнитных материалов / В. Н. Бусько // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2015 г. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т», 2015. – С. 284–285.

УДК 620.179.14/15/147

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА АНИЗОТРОПИЮ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ МАГНИТОШУМОВЫМ МЕТОДОМ

В. Н. БУСЬКО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

На техническое состояние систем и элементов конструкций влияют физические и механические свойства материала, которые зависят от многих факторов, в т. ч. от анизотропии физико-механических свойств: кристаллической, магнитной, напряжений, усталостной, коррозионной, зависящей от формы образца, направления, вида и режима термической объемной и поверхностной обработок и др. Так, реакция изотропного и анизотропного материалов на внешнюю нагрузку имеет существенные количественные и качественные различия, прочность и долговечность конструкции значительно зависят от направления приложения рабочей нагрузки. К отдельному и важному направлению при исследовании и НК анизотропии относится изучение влияния на информативный параметр упругих и пластических деформаций.

Цель работы – исследование влияния упругих напряжений на анизотропию магнитных и физико-механических свойств ферромагнитных материалов. В качестве метода исследования анизотропии использовался метод эффекта Баркгаузена (МЭБ), а информативного параметра – интенсивность магнитного шума (МШ), которая в силу физической природы метода относится к структурно-чувствительным магнитным величинам и проявляет свойства анизотропии [1, 2]. Поэтому ее можно отнести к магнитоанизотропным характеристикам и использовать в качестве информативного параметра при исследованиях, НК и диагностике ферромагнитных материалов.

Исследование влияния анизотропии на МШ удобнее проводить на материалах с явно выраженной кристаллографической ориентацией, к которым относится железокремнистое железо, или электротехническая сталь. В качестве испытуемых использовались два образца (№ 1 и № 2) холоднокатаной электротехнической стали с различной исходной структурой в виде пластины размером 500х105х0,35 мм. Измерение МШ осуществлялось с помощью прибора ИМШ, измеряющего интенсивность МШ. Использовалось измерительное устройство в комплекте с преобразователем Баркгаузена (ПБ), позволяющее осуществлять вращение вокруг оси на 360º, описанное в [3]. Для изучения влияния упругих напряжений растяжения и сжатия при изгибе на круговые диаграммы анизотропных материалов применялась двухточечная схема нагружения образцов при изгибе, приведенная на рис. 1.

УДК 621.828.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ДЛИНЫ РЕЗАНИЯ ГРУНТА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Е. И. БЕРЕСТОВ, А. П. СМОЛЯР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получили теоретические методы определения сопротивлений грунта резанию и копанию. Для проверки полученных результатов необходимо проводить сопоставительный анализ с экспериментальными данными.

Методики определения необходимого числа опытов широко апробированы и за долгие годы использования хорошо себя зарекомендовали. Резание грунта представляет собой динамический процесс периодического его разрушения, состоящий из больших и малых сдвигов.

Поэтому необходимо знать не только экстремальные значения составляющих сопротивления резанию при больших и малых сдвигах, но и путь за который произойдет полный цикл разрушения грунта. Вследствие чего становится актуальной задача определения пути, который должна пройти тензометрическая тележка, чтобы за этот период произошло количество циклов, обеспечивающих требуемую точность измерений.

Необходимое число опытов и длина пути, проходимая ножом при каждом эксперименте, устанавливаются на основании статистической обработки результатов, исходя из величины характерного для данного метода испытаний коэффициента вариации и требуемой степени точности результата.

После проведения начального эксперимента, данные для которого фиксировались по всей длине грунтового канала, за исключением размеров подготавливаемого приямка и пути неустановившегося режима резания, осуществлялась обработка полученных результатов.

Анализ полученных результатов применительно к грунтовым условиям канала кафедры СДПТМиО «Белорусско-Российского университета» показал, что количество опытов равное четырем и длина пути 0,5 м, обеспечивают получение результатов со средней погрешностью не превышающей 10 %. Общепринято, что такая погрешность замеров является допустимой при исследовании процессов резания и копания грунта.

Таким образом, учет необходимой длины пути резания наряду с кратностью экспериментов позволяет проводить экспериментальные исследования с требуемой точностью с минимальными затратами времени и ресурсов.

УДК 621.828.6

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Е. И. БЕРЕСТОВ, И. В. ЛЕСКОВЕЦ, А. П. СМОЛЯР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Предприятиями, специализирующимися на выпуске землеройных машин, выбор рациональных параметров рабочих органов, как правило, осуществляется на основе накопленного опыта их эксплуатации. Использование для этих целей методов расчета, оценивающих только возникающие при разработке грунта сопротивления без учета геометрических размеров перемещаемых масс грунта, представляется проблематичным. Оптимизацию параметров рабочих органов можно осуществлять аналитически лишь в том случае, если эти методы будут идентификационными исследуемым процессам, а значит, будут определять все параметры, доступные инструментальному контролю.

Полученные авторами результаты показали, что даже незначительное линейное изменение какого-либо геометрического размера рабочего органа при определенном его значении приводит к скачкообразному изменению силовых характеристик процесса даже в одинаковых условиях резания. Такая «бифуркация» в особых точках возникает вследствие того, что происходит дискретное изменение количества малых сдвигов в цикле разрушения, сопровождаемое таким же изменением силовых характеристик (до 50 % по абсолютной величине применительно к грунтам второй категории). Таким образом, можно говорить лишь о достаточно широком рациональном диапазоне параметра в одних и тех же условиях, поскольку на периодический характер стружкоотделения оказывает влияние любой другой геометрический размер рабочего органа, не говоря уже о толщине срезаемой стружки и свойствах грунта по пути движения.

Вторая проблема вытекает из универсальности выпускаемых машин, не приспособленных для разработки какого-то одного вида грунта. Общеизвестно, что разработка грунтов различных видов требует учета их особенностей. Так, рациональный угол резания песков и супесей существенно отличается от такого же угла для суглинков и глин. Для отвалов аналогичное влияние будут оказывать углы наклона, опрокидывания и установки отвала в плане. Для ковшей вид грунта влияет на соотношения его геометрических размеров.

Таким образом, создание конкурентоспособных машин, возможно лишь при приспособленности их рабочих органов к определенному виду грунта.

градиентометры, состоящий из 2-х полузондов, подключались к импульсному магнитному анализатору ИМА-4М.

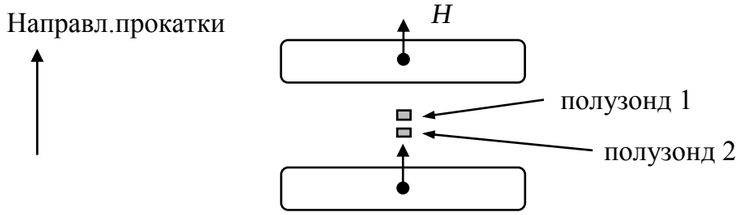


Рис. 1. Схема взаимного расположения намагничивающего устройства и поперечного градиентометра, расположенного нормально к поверхности листового проката

Из полученных данных следует, что выбор величины намагничивающего поля для разных вариантов включения намагничивающих катушек и полузондов различен (определяется условиями и требуемой точностью измерений), поскольку на практике наблюдается неодинаковый ход зависимостей градиентов и значений их коэффициентов анизотропии от амплитуды поля.

Так, например, при встречном включении намагничивающих катушек и измерении нормальной составляющей градиента стандартным датчиком приборов типа ИМА контроль анизотропии возможен только при малых ($H_m \approx 20$ кА/м) и больших ($H_m \approx 150$ кА/м) значениях полей, поскольку имеется значение амплитуды намагничивающего поля, при котором коэффициент анизотропии равен 1,0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аверкиев, А. Ю.** Влияние нормальной анизотропии и упрочнения на предельный коэффициент вытяжки / А. Ю. Аверкиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1996. – № 11. – С. 14–18.

2. **Железнов, Ю. Д.** Оценка свойств автолистовой стали по *n* и *R* факторам / Ю. Д. Железнов [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. – № 4. – С. 18–20.

3. **Счастный, А. С.** Исследование возможности использования приборов магнитного контроля для оценки механической анизотропии листового проката / А. С. Счастный, А. А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2015. – № 3. – С. 54–66.

4. **Счастный, А. С.** Импульсный магнитный контроль анизотропии листового проката низкоуглеродистых сталей при направленном намагничивании / А. С. Счастный, А. А Осипов / Приборостроение-2015: материалы 8-ой междунар. науч.-техн. конф., БНТУ; редкол. : О. К. Гусев (предс.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 292–294.

УДК 620.179.118.415.05

ГРАДИЕНТ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ПРИ КОНТРОЛЕ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

В. А. БУРАК, А. С. СЧАСТНЫЙ, А. А. ОСИПОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

При производстве листового проката формируется механическая анизотропия, которая оказывает существенное влияние на качество изготавливаемых изделий [1]. Так, коэффициент нормальной анизотропии R_n совместно с коэффициентом упрочнения n наиболее объективно отражают поведение материала при вытяжке [1, 2]. Между механическими и магнитными параметрами существует взаимосвязь, которая используется для неразрушающего контроля качества используемых при производстве материалов и конечных изделий. Для реализации используемого магнитного метода необходимо изучать влияние режимов намагничивания и измерения на достоверность контроля.

В докладе приводятся результаты экспериментальных исследований влияния амплитуды намагничивающего импульса на величину градиента поля остаточной намагниченности, которая чувствительна к анизотропии свойств листового проката сталей. Рассмотрено влияние изменения амплитуды намагничивающих импульсов для разных способов расположения градиентометров и вариантов их практического использования.

Экспериментальные данные были получены с использованием системы намагничивания, состоящей из двух жестко скрепленных прямоугольных катушек, оси которых направлены перпендикулярно поверхности листа и включены встречно или последовательно по полю (в зависимости от используемой модификации градиентометра). Намагничивающая система подключена к генератору импульсов магнитного поля с возможностью изменения амплитуды поля приблизительно от 20 до 220 кА/м и величиной длительности импульсов 15 мс по уровню 0,1 (использовался блок намагничивания прибора ИМА-5Б).

Градиентометры располагались, как нормально к плоскости анизотропного листа, так и тангенциально. При измерениях использовался, как стандартный градиентометр приборов типа ИМА, так и модифицированный (поперечный) [3, 4], в котором полузонд 1 и полузонд 2 были расположены параллельно друг другу в одной плоскости (рис. 1). На рис. 1. представлен только случай нормального расположения поперечного градиентометра, то есть перпендикулярно плоскости листа. При измерениях

УДК 630*36.001.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА KESLA 1392 H В СРЕДЕ ANSYS RIGID DYNAMICS

С. А. ГОЛЯКЕВИЧ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ, С. Н. ПИЩОВ, А. О. ГЕРМАНОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Создание надежных и эффективно функционирующих конструкций лесных машин требует использования передовых методов их проектирования. Для этих целей на современном этапе развития науки наибольшее распространение получили программные пакеты САПР, основанные на использовании методов конечных элементов и оценки динамики деформируемых твердых тел. Применение таких САПР позволяет интенсифицировать процесс проектирования и повысить точность получаемых результатов.

Для моделирования динамики манипулятора Kesla 1392 H харвестера Амкодор-2551 использовался модуль Rigid Dynamics (динамика твердого тела) системы конечно-элементного анализа Ansys. Твердотельная модель манипулятора была предварительно создана в системе твердотельного моделирования Siemens PLM NX и конвертирована в формат Parasolid (.x_t) для последующего внедрения в Ansys.

Составные элементы манипулятора были сгруппированы по отдельным узлам. Для каждой из них была задана собственная система координат. Кинематические связи между деталями манипулятора заданы в ветви Connections дерева проекта при помощи введения в нее группы Joints (шарниры). Группа Contacts задающая параметры контактов в сопряжениях деталей предварительно исключена из расчета. Для каждого контакта в отдельности были заданы допустимые варианты перемещения.

В рассматриваемой конструкции манипулятора тип связи Fixed (фиксированный) применим лишь к деталям отдельных сборочных элементов. К примеру все детали наклонной платформы или стрелы манипулятора соединены между собой неподвижно (Fixed).

Тип связи Revolute (вращение) применим для цилиндрических шарниров соединяющих рукоять со стрелой, стрелу с поворотной станиной и т. д. Штоки и корпуса гидроцилиндров манипулятора должны иметь не только возможность поворота относительно продольной оси, но и скольжения вдоль нее. Для реализации такого движения применен тип связи Cylindrical.

Моделируемая конструкция была зафиксирована в пространстве посредством соединения Body-Ground с типом связи Revolute, который позволил манипулятору вращаться в горизонтальной плоскости.

Оценка соответствия кинематики модели манипулятора его реальной конструкции производилась путем перемещения выбранного элемента

шарнира с помощью команды Configure на панели инструментов и последующего выбора вектора перемещения. Конечное положение конструкции фиксировалось командой Assemble.

При моделировании динамики твердых тел в Ansys нагрузки могут прилагаться только в обусловленных ранее шарнирах. Для моделирования динамики манипулятора использованы следующие типы нагрузок: силы (Force) и моменты (Moment); перемещения (Displacement) и вращения (Rotation); линейные (Velocity) и угловые (Rotation Velocity) скорости; линейные (Acceleration) и угловые (Rotation Acceleration) ускорения.

Тип нагрузки задавался в окне Details of… путем последовательного выбора вектора приложения нагрузки Definition → DOF и ее типа Definition → Type. К примеру для шарнира поворотной платформы выбрано направление приложения нагрузки Rotation Z и тип нагрузки Moment. Действие на конструкцию манипулятора силы тяжести введено в модель с использованием команды Inertial → Standard Earth Gravity.

Особую важность для обеспечения точности расчетов и снижения их продолжительности представляют настройки решателя Ansys в ветви Analysis Settings. В поле Step end time группы Step Controls задано конечное значение времени расчета в секундах. Для интегрирования уравнений сформированных в системе Ansys в поле Time Integration Type группы Solver Controls выбран метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Использование модуля Rigid Dynamics (динамика твердого тела) предусматривает что все тела модели имеют в поле Stiffness Behavior значение Rigid (твердый). Т. е. данные тела являются абсолютно твердыми. Однако известно [1], что детали технологического оборудования лесных машин имеют конечную величину жесткости, что часто оказывает существенное влияние на характер происходящих колебаний и возникающих нагрузок. Наиболее значительный вклад при этом вносят параметры жесткости и демпфирования гидроцилиндров рукояти, стрелы, а также механизма выдвижения телескопического звена. Для учета величин жесткости и демпфирования отдельных деталей манипулятора в Ansys используются специальные элементы взаимодействия между телами Body – Body → Spring (пружины).

В полях Longitudinal Stiffness и Longitudinal Damping для каждого элемента Spring установленного между корпусом и штоком гидроцилиндра по направлению его растяжения и сжатия указаны соответственно величины жесткости (Н · м) и демпфирования (Н · с / м) гидроцилиндра. При этом величины жесткости введены в виде последовательности значений усилия (Н) от деформации пружины (м) согласно исследованиям [1]. На основе проведенного моделирования выполнена оценка амплитудно-частотных характеристик колебаний манипулятора при выполнении различных операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Голякевич, С. А.** Повышение надежности несущих конструкций многооперационных лесозаготовительных машин выбором режимов работы на основе энергетического потенциала : автореф. дис. … канд. техн. наук. – Минск : 2013. – 24 с.

элементах излучающей поверхности пьезопреобразователей. Для пьезопреобразователя первого типа этот угол равен нулю.

Сомножитель $\cos\varphi$ учитывает наклон элементарной площадки к направлению на рассматриваемую точку.

Расчет интеграла проводится на основании методики, описанной в работе [1], на основании которой получены расчетные соотношения, позволяющие путем численного интегрирования рассчитать относительную величину суммарного давления акустических волн в рассматриваемой точке пространства, в котором распространяется волна.

К примеру, на рис. 1. приведено распределение амплитуды давления результирующей волны вдоль оси сферической пьезопластины с радиусом кривизны 20 мм и диаметром 10 мм на различных расстояниях.

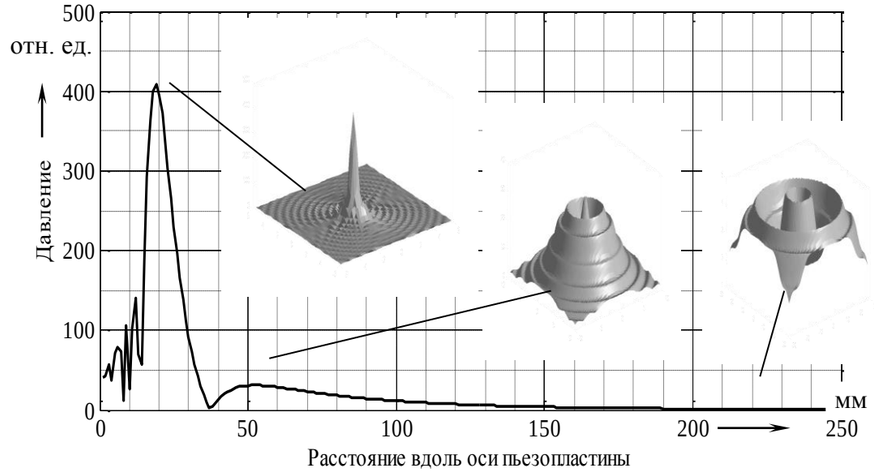


Рис. 1. Распределение давления акустической волны вдоль оси сферической пьезопластины

Вставки на рисунке показывают трехмерные картины акустического поля в отмеченных на графике расстояниях от края пьезопластины.

В работе приводятся результаты расчета акустических полей для пьезопреобразователей обоих типов для различных геометрических параметров применяемых пьезопластин и линз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борисов, В. И.** Тонкая структура акустического поля излучения прямоугольных пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 2(43). – С. 105–113.

УДК 534.86

РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОКУСИРУЮЩИХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В. И. БОРИСОВ, С. С. СЕРГЕЕВ, Е. Н. ПРОКОПЕНКО,
С. А. ПРОКОПЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Применение фокусирующих пьезопреобразователей в акустическом неразрушающем контроле позволяет увеличить чувствительность и разрешающую способность контроля.

Важной характеристикой таких преобразователей является акустическое поле излучения, так как оно во многом определяет достоверность и чувствительность акустического контроля.

Аналитические методы описания акустического поля фокусирующих пьезопреобразователей, как правило, ограничиваются описанием поля активных концентраторов в ближней зоне и не определяют тонкой структуры генерируемого поля.

В настоящей работе приводятся результаты прямого расчета акустического поля двух типов излучающих фокусирующих пьезопреобразователей как в ближней, так и в дальней зонах. Преобразователь первого типа представляет собой пьезопластину полуволновой толщины в виде участка сферической поверхности, а пьезопреобразователь второго типа содержит плоскую круглую пьезопластину, находящуюся в акустическом контакте с плосковогнутой линзой. Расчеты акустического поля проводились для пьезопреобразователей, нагруженных на воду, работающих в непрерывном режиме на резонансной частоте 5 МГц, что соответствует длине волны в воде 0,3 мм.

Результирующая сила давления в рассматриваемой точке пространства будет определяться интегралом

$$\int_S \frac{P_0}{R}\cos\varphi\left(\cos\left(\omega t - kR - \psi\right)\right)dS,$$

где R – расстояние от элементарного излучателя площадью dS, излучающего сферическую акустическую волну частотой ω, до рассматриваемой точки; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – модуль волнового вектора (волновое число) в воде; λ – длина волны в материале среды, где распространяется акустическая волна; P_0 – амплитуда акустической волны на единичном расстоянии от элементарного излучателя; S – общая площадь излучающей поверхности пьезопреобразователя; ψ – угол сдвига фаз акустических волн на отдельных

УДК 666.983

КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

И. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, В. В. БЛАЖКО
«ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
Харьков, Украина

Рассматривается возможность использования нового двухроторного турбулентного бетоносмесителя в условиях малогабаритного технологического комплекта оборудования для приготовления сухих строительных смесей, представленный на (рис. 1).

Основной машиной технологического комплекта является новый двухроторный турбулентный бетоносмеситель представленный на (рис. 2). Особенностью рабочего процесса машины является создание в середине корпуса смесителя сложного многоконтурного движения частиц смеси, которые в процессе их перемешивания переводятся во взвешенное состояние и направляются в осевом направлении к суженной части правого и левого конусов 1, одновременно приобретая вращательное движение.

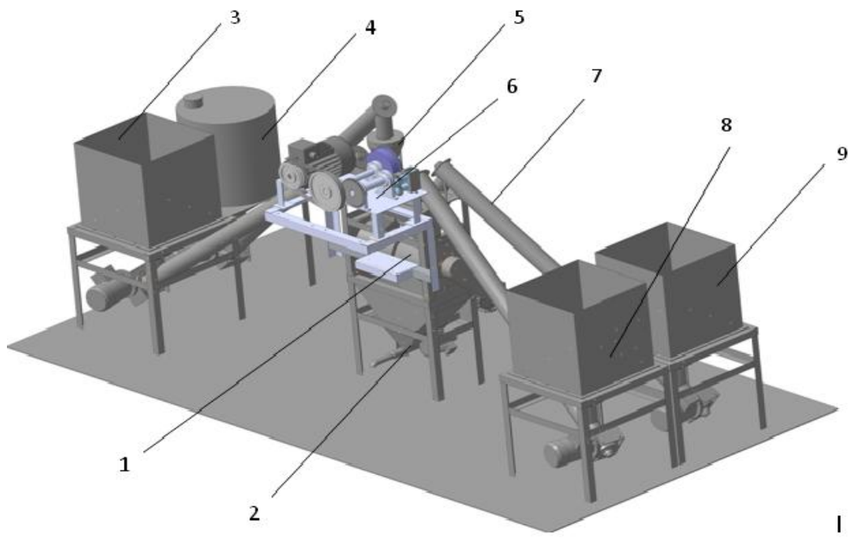


Рис. 1. Технологический комплект оборудования для приготовления сухих строительных смесей: 1 – смеситель; 2 – фасовочная машина; 3 – бункер песка; 4 – силос цемента; 5 – весовой дозатор; 6 – резчик фибры; 7 – шнековый питатель; 8 – бункер гранитной крупки; 9 – бункер наполнителя

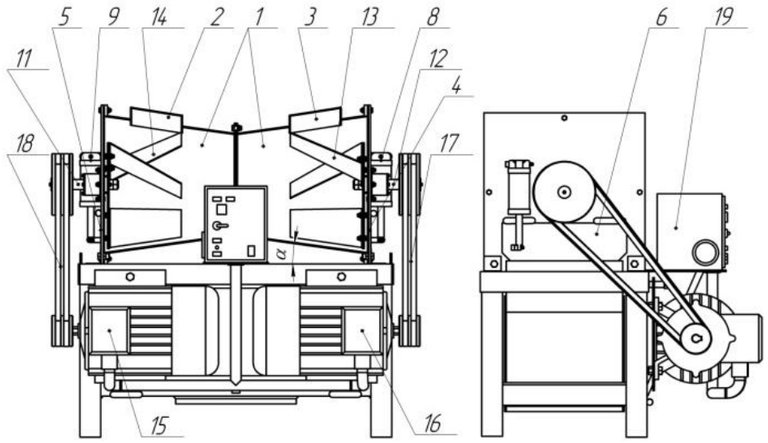


Рис. 2. Схема смесителя новой конструкции: 1 – корпус; 2, 3 – загрузочный патрубок; 4, 5 – разгрузочные отверстия; 6, 7 – заслонки, 8, 9 – пневмоцилиндры; 10 – фланцы корпуса; 11,12 – валы; 13,14 – роторы с лопастями; 15,16 – электродвигатели; 17,18 – ременные передачи, 19 – пульт управления

Представлены результаты проведенных исследований (рис. 3) опытного образца двухроторного смесителя в составе технологического комплекта по приготовлению сухих строительных смесей.

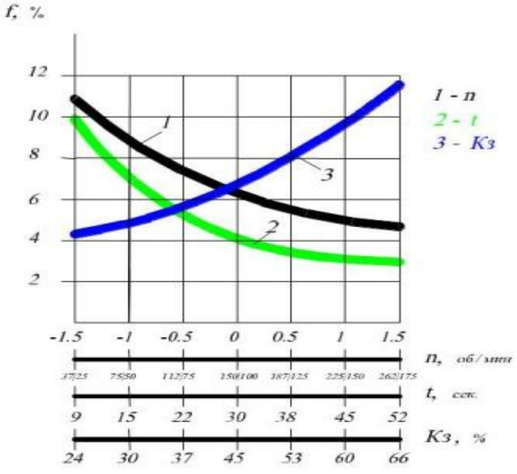


Рис. 3. Графическая зависимость однородности смеси от влияния факторов

Составляющие компоненты смеси (a, b, c, d): компонент a – плотность 920 кг/м^3 содержание 15 %; b – плотность 720 кг/м^3 содержание 50 %; c – плотность 880 кг/м^3 содержание 15 %; компонент d – плотность 720 кг/м^3 содержание 20 %.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают эффективность использования таких смесителей для приготовления сухих строительных смесей.

УДК 620.179

ЛОКАЦИЯ МЕСТ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

С. В. БОЛОТОВ, Ф. М. ТРУХАЧЁВ, Н. В. ГЕРАСИМЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Применение цифровых датчиков влажности (ЦДВ) для диагностики состояния изоляции трубопроводов тепловых сетей вместо традиционной системы оперативного дистанционного контроля с медными проводниками, позволяет перейти от двухступенчатого контроля (измерение сопротивления изоляции и локация мест повреждения импульсным рефлектометром) к автоматическому измерению относительной влажности и температуры пенополиуретана (ППУ) в местах установки датчиков.

Места увлажнения изоляции трубопровода теплотрассы определяются по привязке к карте местности каждого ЦДВ, имеющего свой уникальный цифровой код. Не всегда удаётся точно определить место повреждения трубопровода, например, в полевых условиях, что приводит к дополнительным затратам при раскопках во время ремонтных работ.

Авторами предложено локацию мест повреждений ППУ изоляции трубопроводов осуществлять по сигналу передающей катушки, расположенной на плате ЦДВ и настроенной на резонанс. Формирование сигнала осуществляет контроллер ЦДВ, усиление его производится за счёт энергии аккумулятора блока управления. Активация катушек осуществляется при достижении установленного уровня относительной влажности. Несущая частота передающего сигнала составляет 10–30 кГц, что позволяет ему беспрепятственно проходить сквозь грунт.

Приёмник (локатор) представляет плоскую катушечную антенну, настроенную на несущую частоту, плату обработки сигнала и индикации. Обнаружение места установки передатчика осуществляется по максимуму амплитуды принимаемого сигнала. Демодулированный сигнал позволяет считать номер датчика и значение относительной влажности и температуры.

Математическая модель разработанной системы локации построена на базе уравнений Максвелла. Проведенный анализ в рамках модели позволил определить оптимальные параметры передачи и приема сигнала. Проведена оптимизация параметров передатчика, что позволяет обнаруживать сигнал от ЦДВ на расстоянии до 10 м. Погрешность локации составляет ±1 м.

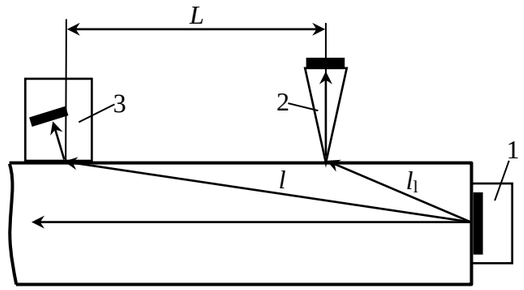
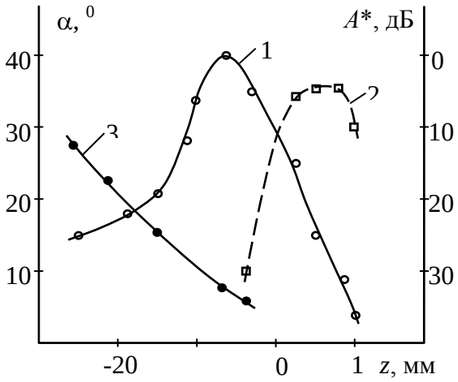


Рис. 1. Схема измерений напряженного состояния объекта при одноосном напряжении и вводе сдвиговых и продольных волн нормально контактной поверхности: 1 – излучающий нормальный ПЭП; 2 – приемный малоапертурный ПЭП; 3 – приемный наклонный ПЭП

Другое важное преимущество предложенной схемы прозвучивания состоит в том, что вследствие существенного отличия механизма возбуждения сдвиговой моды, вводимой нормально к контактной поверхности с помощью преобразователя 1, представляется возможным практически исключить влияние шумового фона сопутствующей поверхностной акустической волны на приемных преобразователях.



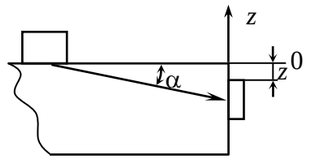


Рис. 2. Зависимости нормализованной амплитуды поперечной волны (1), шумового фона (2) и угла приема волны (3) от координаты положения излучателя относительно поверхности приема

Из рис. 2. видно, что оптимальный выбор величины z позволяет на десятки дБ повысить чувствительность измерительного тракта.

На рис. 3. приведены данные сравнения результатов измерения с помощью стандартного метода и предложенного в настоящей работе. Как видно, их различие не превышает ошибки эксперимента. Кроме того, метод позволяет фиксировать изменения фазы сигнала, вызванное напряжениями.

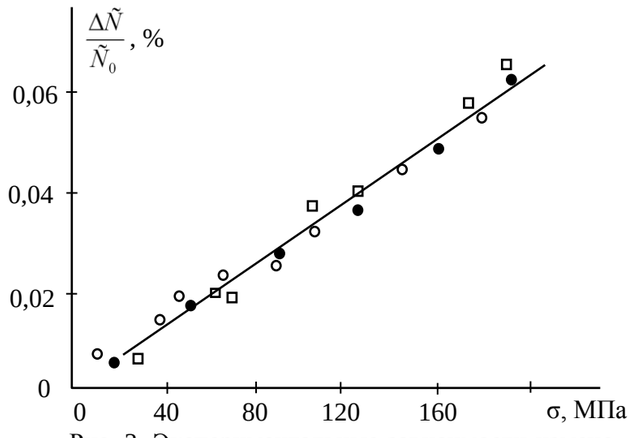


Рис. 3. Экспериментальные зависимости изменения скорости продольной волны от напряжения, измеренные при вводе продольных и сдвиговых волн нормально поверхности путем двустороннего прозвучивания (●) и предложенным (○,□) способом: z, 10^{-3}м =3

УДК 621.867

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРОВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

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

Транспортное средство оснащенное гидроманипулятором может использоваться как перевозчик различных грузов и как кран. Гидроманипуляторы получили широкое распространение – это и лесовоз, и металловоз, и кран-манипулятор. Он может оснащаться различным навесным оборудованием, таким, как захваты, крюки, ковши, вилочные подхваты и многое другое. Такие установки очень удобны и выгодны экономически, потому что благодаря им можно сократить численность рабочих в бригаде, сократить количество единиц рабочей техники, которая привлекается для данного труда. Можно также сократить расходы на обслуживание техники.

Под гидроманипулятором (рис. 1) подразумевают универсальный грузоподъемный механизм, устанавливаемый стационарно на базовое шасси – лесовозы, сортиментовозы, специализированные тракторы на колесной или гусеничной основе, а также на прочую спецтехнику.

Рис. 1. Гидроманипулятор на базе шасси МАЗ

Применение данной техники обусловлено рядом преимуществ:

– простая и надежная конструкция. По сравнению с автокранами и другой подобной техникой, гидроманипуляторы сконструированы значительно проще. Количество шарниров и других подвижных узлов сведено к минимуму, что обеспечивает длительный срок службы техники и невысокую стоимость сервисного обслуживания;

– многофункциональность. Типичный кран манипулятор 10 т может перемещать как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, поднимать груз из труднодоступных мест (например, из-за стены), работать с грузом ниже уровня земли, что крайне необходимо при проведении карьерных работ. При этом в любых условиях кран-

манипулятор способен обеспечивать строго вертикальное перемещение груза;

– высокая аккуратность и точность проводимых работ. Использование тросовой подвески позволяет свести к минимуму рывки и удары при транспортировке груза;

– высокая эффективность. Функция поочередного выдвижения телескопических секций обеспечивает максимальное использование грузового момента установки;

– экономичность. Кран-манипулятор выигрывает у автокранов за счет выполнения нескольких функций: и погрузка, и транспортировка.

Однако наряду с данными преимуществами существует также ряд недостатков:

– высокая материалоемкость. Значительный вес негативно сказывается на грузоподъемности машины, а также на подвеске машины. Из-за большего веса необходимо увеличивать размеры гидроцилиндров, применять аутригеры. Большой вес всей машины негативно сказывается на почве, утрамбовывая ее, она теряет плодородность (для лесовозов с гидроманипулятором);

– низкая надежность металлоконструкции манипулятора. ОАО «Мозырьский машиностроительный завод» выпускает различные гидроманипуляторы, где по данным обращением потребителя, слабым местом является колонна. Это очень опасное место, т. к. на ней располагается сиденье с оператором. Только за 2014–2015 гг. пострадало около 26 человек при работе с данными гидроманипуляторами, 3 из которых получили серьезные травмы позвоночника. Вероятными причинами аварий являются неправильный силовой расчет, низкое качество применяемых материалов, устаревшая технология производства, отсутствие современных методов контроля качества, нарушение условий эксплуатации;

– динамическая нагруженность гидросистемы связана с работой гидроманипулятора. В ряде случаев происходит разрыв элементов гидросистемы, протечки жидкости, в результате чего загрязняется окружающая среда;

– отсутствие методики выбора оптимальных параметров гидроманипуляторов обусловлено тем, что отсутствует анализ режимов работы манипуляторов на предмет возникновения сочетаний опасных ситуаций, не установлено их влияние на отдельные узлы конструкции.

Проанализировав данные недостатки было выбрано направление повышение надежности и безопасности. Для достижения этой цели необходимо изучить процессы, протекающие в гидроманипуляторах при различных режимах работы, вызывающие динамические нагрузки, которые оказывают влияние на прочность конструкции и долговечность.

УДК 620.179.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА СКОРОСТЬ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН, ВВОДИМЫХ НОРМАЛЬНО КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦА

А. Р. БАЕВ, Г. Е. КОНОВАЛОВ, А. Л. МАЙОРОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Как показывают результаты исследований, при проведении ультразвукового контроля механических напряжений в зоне сварного шва металлоизделия с крупнозернистой структурой затруднительно обеспечить необходимую чувствительность измерительного акустического тракта. В особенности является проблематичным зондирование объекта подповерхностными волнами, возбуждаемыми под первым и вторым критическим углом. Хотя именно продольная головная волна является наиболее чувствительной к наличию механических напряжений вдоль направления распространения. Данный факт, несмотря на достоинства данного метода применительно к контролю значительного числа объектов, включая односторонний ввод-прием ультразвука, большую базу прозвучивания L, нивелирование влияния акустического контакта на точность измерений и др., ограничивает его применение по чувствительности.

Однако при контроле ряда ответственных металлоизделий имеется возможность осуществлять ввод (прием) ультразвука с торцовой поверхности изделия, а принимать (вводить) сигнал со стороны образующей поверхности объекта (рис. 1). К таким объектам контроля следует отнести стыковые соединения листовых деталей, выполненных электроискровой и электродуговой сваркой, сваркой с перемешиванием, сваркой взрывом и сваркой трением. При этом, как будет показано ниже, использование предложенной схемы прозвучивания позволяет на порядок и более повысить чувствительность измерительной схемы, когда источник (приемник) излучения расположен на торцевой поверхности стержня, листа и др. Ограничением на использование предложенного способа могут служить такие факторы, как отсутствие хорошо обработанного торца изделия или его небольшая толщина, препятствующая формированию поля объемной моды.

Исходя из анализа предварительно полученных данных о параметрах формируемого поля объемных подповерхностных волн на базовой поверхности объекта и в объеме, можно ожидать, что при оптимальном расположении преобразователей на указанных рабочих поверхностях чувствительность метода можно не только существенно повысить, но и выровнять для принимающих (излучающих) преобразователей ПЭП-2 и ПЭП-3. Амплитуды акустических сигналов на этих преобразователях – $A_2 \rightarrow A_3$.

Анализ полученных результатов показывает, что для поддержания движения рабочей поверхности преобразователя с некоторой постоянной скоростью *u* функция зависимости силы, приложенной к устройству, от *h* должна иметь вид $F_W \sim h^3$. Если же $F_W = const$, то $\tau = \gamma S^2 \eta F_{W0} h_2^{-2} \left(1-\delta^2\right)/2$, где $\delta = h_2/h_1$. В большинстве практических случаев $\delta^2 << 1$, так что из полученной зависимости следует, что время переходного процесса, связанного с созданием надежного акустического контакта при установке преобразователя на объект, определяется лишь стадией движения его в окрестности конечного рабочего положения. Например, для δ=*0,2* и *0,01* разница в τ не превышает 4 %. Следовательно, время переходного процесса или время, необходимое для создания акустического контакта, не критично по отношению к его начальному положению h_1 даже при $\delta \sim 1/3$ и менее.

Для проверки основных положений проведенного анализа акустического тракта и переходных процессов, имеющих место при установке акустических устройств на твердые объекты, были проведены экспериментальные исследования. Было установлено (рис. 1), что время переходного процесса при установке преобразователя на объект с $R_z = 5 мкм$ изменяется от 5,2 с (контактная среда глицерин) до 2,5 с (минеральное масло). В случае же, когда в качестве контактной жидкости используется эпоксидная смола, то время переходного процесса существенно затягивается ввиду высокого гидродинамического сопротивления, вызванного большим значением вязкости контактной жидкости. Именно последняя и используется для ввода сдвиговых колебаний в твердые тела.

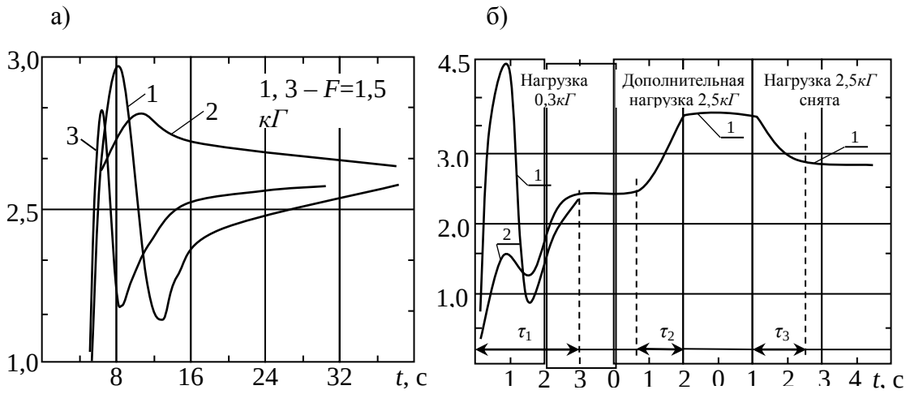


Рис. 1. Переходные процессы при установке источника продольных волн на объект: а– контактная среда – эпоксидная смола; б – контактная среда – минеральное масло; 1, 2 – преобразователь без прорезей; 3 – преобразователь с одной кольцевой шунтирующей прорезью

Необходимо отметить, что если силовая нагрузка на рабочую поверхность преобразователя такова, что ее воздействие не приводит к деформации пьезоизлучающего элемента, то для исследованных сред, близких по свойствам к ньютоновским, выполняется закон: $\eta/\tau = c^0 = const$.

УДК 630*

МОДЕЛЬ РАБОТЫ ЛЕСНЫХ МАШИН С УЧЕТОМ ТЕХНИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ

Д. В. КЛОКОВ, Е. А ЛЕОНОВ, А. А. ЕРМАЛИЦКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Современные лесозаготовительные машины представляют собой сложные системы. При этом значительное внимание уделяется вопросу установления рациональных параметров их работы, что обеспечит в дальнейшем эффективность функционирования таких машин [1, 2].

Проанализируем работу лесной машины с целью разработки модели ее функционирования и нахождения некоторых рациональных параметров. Предположим, что цикл работы такой машины можно разбить на *n* «элементарных циклов». Например, применительно к рубильной машине, рабочий цикл включает захват сырья и подачу его в рубильный узел, измельчение древесины и выброс щепы.

Каждая фаза характеризуется индивидуальным временем обработки сырья с параметрами соответственно μ_1, μ_2, …, μ_n. Математические ожидания продолжительности элементарных циклов равны $T_1 = \frac{1}{\mu_1}; T_2 = \frac{1}{\mu_2}; ...; T_n = \frac{1}{\mu_n}$.

Функционирование лесной машины можно описать системой дифференциальных уравнений Колмогорова (1) [1], полученных на основании размеченного графа состояний (рис. 1), где $P_0(t), P_{i,j}(t)$, $i = 1,2$; $j = 1,2,...,n$ вероятности соответствующих состояний в момент времени *t*.

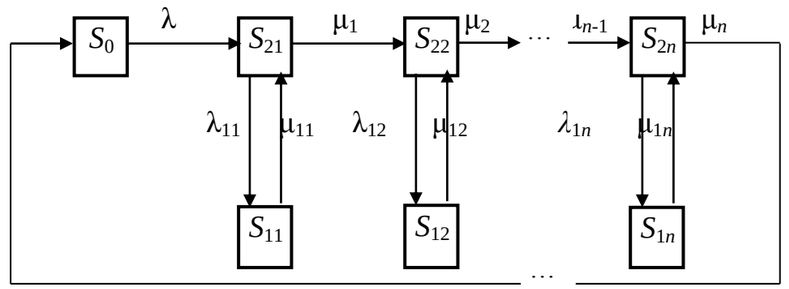


Рис. 1. Размеченный граф состояний лесной машины: S_0 – свободное состояние машины, нет сырья; S_{21}, S_{22}, …, S_{2n} – состояния обработки дерева по циклам; S_{11}, S_{12}, …, S_{1n} – состояния отказов, поступивших в период первого, второго и последующих элементарных циклов

$$
\begin{cases}
\dfrac{dP_0}{dt} = \mu_n P_{2n} - \lambda P_0, \\
\dfrac{dP_{21}}{dt} = \lambda P_0 - (\lambda_{11} + \mu_1) P_{21} + \mu_{11} P_{11}, \\
\dfrac{dP_{22}}{dt} = \mu_{12} P_{12} - (\lambda_{12} + \mu_2) P_{22} + \mu_1 P_{21}, \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\dfrac{dP_{11}}{dt} = \lambda_{11} P_{21} - \mu_{11} P_{11}, \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\dfrac{dP_{1n}}{dt} = \lambda_{1n} P_{2n} - \mu_{1n} P_{1n}.
\end{cases} \qquad (1)
$$

Условие нормировки $\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} + P_0 = 1$.

Параметры функционирования: $\mu_{11}, \mu_{12}, \ldots, \mu_{1n}$ – интенсивность восстановления работоспособности машины соответственно для первого, второго и последующих элементарных циклов; λ_{11}, λ_{12}, …, λ_{1n} – интенсивность отказов машины в период первого, второго и так далее элементарных циклов; λ – интенсивность поступления деревьев на обработку. Указанные параметры определяются как величины, обратные математическим ожиданиям продолжительности работы цикла.

В установившемся режиме работы машины вероятности состояний $P_0(t), P_{i,j}(t)$, $i = 1,2$; $j = 1,2,\ldots,n$ не зависят от времени то есть постоянны, так называемые финальные вероятности. Система уравнений Колмогорова (1) преобразуется в алгебраическую систему, где в левой части вместо производных стоят нули к которой добавляется уравнение нормировки. Решая данную систему, найдем финальные вероятности, анализируя которые выбираем оптимальные параметры многооперационной машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Клоков, Д. В.** Модели работы лесных машин с учетом надежности / Д. В. Клоков, И. В. Турлай // Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 66–67.

2. **Клоков, Д. В**. Оборудование лесопромышленных предприятий. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ. / Д. В. Клоков, И. В. Турлай, Е. А. Леонов. – Минск : БГТУ, 2015. – 200 с.

УДК 620.179.16

АНАЛИЗ АКУСТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЩЕЛЕВЫХ ЗАЗОРАХ ПРИ СОЗДАНИИ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТАКТА

А. Р. БАЕВ, М. В. АСАДЧАЯ, Н. Н. ГИЛЬ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Как правило, при проведении ультразвукового контроля для осуществления акустического контакта используются жидкие среды. Поэтому время установки преобразователя на объект контроля является конечным и зависит от многих факторов, таких как геометрия поверхности преобразователя, скорость ультразвука C, удельное акустическое сопротивление $R=\rho C$ и вязкость контактной жидкости η, а также частоты зондирующей волны f. В особенности это касается передачи (приема) ультразвука через контактную жидкость с высокой вязкостью η при зондировании объекта горизонтально поляризованными сдвиговыми волнами.

При создании акустического контакта (сближении поверхности преобразователя с объектом) контактная среда будет выдавливаться наружу с объемной о скоростью $V = uS$, где $u = u(z)$ – скорость перемещения поверхности преобразователя нормально к объекту контроля из положения $z = h_1$ в положение $z = h_2 \le h^*$, при котором амплитудно-частотные и фазовые характеристики зондирующего объект сигнала $A(\omega)$ удовлетворяют заданным требованиям, S – площадь преобразователя. Гидродинамика слоя в плоско-параллельном слое для ньютоновской жидкости описывается уравнениями Навье-Стокса относительно компонентов скорости жидкой частицы. Эти уравнения в данной постановке задачи могут быть сведены к одному уравнению Пуассона относительно функции давления $p_1=p-p_0$, обращающейся в нуль на границе слоя жидкости. Выражение для силы гидродинамического сопротивления F_w, уравновешивающей приложенную внешнюю силу $F_g = -\int_S P_1 dS$, может быть приведено к виду:

$$F_g = -F_W = S^2 u \eta h^{-3} = \gamma S^2 c^0,$$

где γ – безразмерный коэффициент (фактор формы), численно равный силе гидродинамического сопротивления выдавливаемой из щелевого зазора жидкости при единичных значениях квадрата площади рабочей поверхности.

Для наиболее общего случая $F_w = F_w(h)$ эта зависимость может быть представлена в виде ряда: $F_w^{-1} = F_{w0}^{-1}\left(\sum_{i=0}^{i} a_i h_i + 1\right)$, где a_i - постоянные коэффициенты.

УДК 621.3

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЗРАЧНОСТИ МОЮЩЕГО РАСТВОРА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ К ПОКРАСКЕ

А. А. АФАНАСЬЕВ, В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, В. В. ПИСАРИК,
А. П. МАГИЛИНСКИЙ, А. А. ЗАЙЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получила технология порошковой окраски металлических изделий, в результате которой получается полимерное покрытие. Полимерное покрытие обладает высокими физико-механическими показателями – стойкостью, долговечностью, нечувствительностью к неблагоприятным условиям. Технология нанесения полимерного покрытия применяется по отношению к различным изделиям: профлистам, металлочерепице, элементам кровли, металлическим каркасам и деталям разнообразной промышленной продукции. Для получения качественного покрытия изделия предварительно обезжиривают в моющем растворе.

Прозрачность моющего раствора, а также его температуру, необходимо контролировать в процессе подготовки металлических изделий перед покраской. Для измерения этих параметров было разработано комбинированное измерительное устройство, обеспечивающее текущий контроль температуры моющего раствора 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 однолучевая схема первичного оптико-электронного преобразователя (ОЭП) с применением гибких волоконно-оптических световодов, 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 на дисплее 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 630*31:630*37

НЕОБХОДИМОСТЬ СОЗДАНИЯ МАШИН ДЛЯ СБОРА ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Д. А. КОНОНОВИЧ, В. А. СИМАНОВИЧ, С. П. МОХОВ, С. Е. АРИКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В процессе проведения лесозаготовительных работ на лесосеке образуются лесосечные отходы в виде сучьев, ветвей, вершин и обломков стволов, которые могут использоваться, как дополнительное сырье для лесозаготовительного производства. Известно, что из 1000 м^3 стволовой древесины можно собрать 330 скл. м^3 щепы из лесосечных отходов. Очистка лесосек от лесосечных отходов является заключительным этапом проведения заготовки древесины и подготовительным этапом перед проведением лесовосстановительных работ, направленных на предотвращение лесных пожаров, не допущения распространения вредителей леса, более быстрому и устойчивому восстановлению растительного покрова.

Технология лесосечных работ предусматривает несколько возможных вариантов очистки лесосек: сбор лесосечных отходов в кучи или валы для дальнейшего их перегнивания на лесосеке, измельчение и разбрасывание лесосечных отходов по площади вырубки, сбор лесосечных отходов для дальнейшего их транспортирования к месту переработки.

Очистка лесосек вручную является трудоемким и малоэффективным процессом, который требует последующих затрат по переносу собранного сырья. Современные харвестеры могут осуществлять такую подготовительную работу, укладывая целые кустарники на свой след после повала очередного дерева. При этом обрезанные сучья могут укладываться харвестерной головкой впереди ходовой системы или сзади. Опытные операторы таким образом сокращают объем работ с отходами, при этом примерно на 12–17 % снижается время на операции по заготовке древесины. Специализированные машины для сбора лесосечных отходов проектируются, а, в последующем и выпускаются на базе колесных и гусеничных шасси. В связи с ограничением применения гусеничного шасси в лесных условиях, основное направление их создания лежит в плоскости реализации новых проектов по созданию подборщиков лесных отходов на колесных шасси 4К4 и 6К6. Внедрение специализированной техники для сбора лесосечных отходов, позволит исключить ручной труд, снизить затраты времени и повысить производительность на очистке лесосек. Специальная техника для сбора лесосечных отходов создается в основном на базе форвардеров с измененной грузовой платформой, однако существенным ее недостатком яв-

ляется стоимость и срок возврата инвестиций. С экономической точки зрения, в условиях заготовки древесины в Республике Беларусь, предпочтительнее применять отечественные тракторы с установленным технологическим оборудованием для сбора и транспортировки лесосечных отходов.

Целесообразность проведения таких работ, связана с комплексным использованием отходов древесного сырья по различным направлениям его применения. Сбор лесосечных отходов с целью повышения уровня минерализации почвы не всегда необходим по причине расположения лесосек на грунтах с высокой гумусовой основной. Это обстоятельство требует эффективного решения других задач связанных с данной проблемой.

Создание лесных машин выполняющих только одну технологическую операцию становится малоэффективным. На взгляд авторов это требует создание на базовом шасси съемного технологического оборудования, т. е. универсальных машин. Применение машин отечественного производства по сбору лесосечных отходов позволит увеличить линейку машин лесного машиностроения, приведет к расширению более эффективного их использования при освоении лесосек. На данный момент отсутствует научное обоснование по выбору базы транспортного средства, определению основных параметров машины для сбора лесосечных отходов при заготовке древесины. Работу машин для сбора лесосечных отходов можно отнести к тяжелым эксплуатационно-технологическим условиям, что в свою очередь ставит перед исследователями задачу, решение которой позволит создать машину отвечающую требованиям лесозаготовительного процесса.

Создание надежных и долговечных машин для сбора порубочных остатков невозможно без знания действительных динамических нагрузок в ее узлах и агрегатах. В связи с этим особую актуальность приобретает повышение долговечности несущих узлов на основе анализа происходящих динамических процессов. Разработка путей повышения долговечности основана на комплексном использовании результатов испытаний и расчетов, позволяющих представить реальную картину нагружения отдельных узлов и транспортного средства в целом. Подход к решению таких сложных технических задач должен быть комплексным и учитывать внешние и внутренние факторы, природу их возникновения с учетом статистических характеристик динамического процесса.

Кольцевая рамка состоит из отрезка трубы 30 мм и Ø 177,8 мм, толщиной 5 мм (1) по ГОСТ 10704-91 в которой посредине отрезка просверлены 8 отверстий Ø 12 мм, равномерно распределенных по периметру кольца с шагом 70 мм. Из них четыре попарно диаметрально противоположные, предназначенные для фиксации рамки на теле цилиндра с помощью гайки (2) М10-6 по ГОСТ 7798-70 и болта (3) М10-6д по ГОСТ-7798-70. Гайка (2) по периметру приварена к наружней части отрезка трубы. К нижнему концу болта (3) шарнирно крепятся стальные лепестки (4) толщиной 3 мм с размерами в плане 20×30 мм. Остальные четыре попарно диаметрально противоположные отверстия предназначены для крепления элемента (5) размерами 16×16×16 мм из стали листового проката, в котором по центру выполнено отверстие Ø 8 мм и перпендикулярно к нему отверстие ø 6 мм под вороток (6) Ø 6 мм. В отверстие Ø 8 мм вставляется ножка индикатора (7), которая закрепляется в элементе (5) при помощи воротка (6). По индикатору (7) для каждой ступени нагружения фиксируются радиальные деформации бетонных цилиндров. Для замера продольных деформаций испытываемого цилиндра используем ИЧ-1, с ценой деления 0,001 мм на базе 170…180 мм (рис. 2).

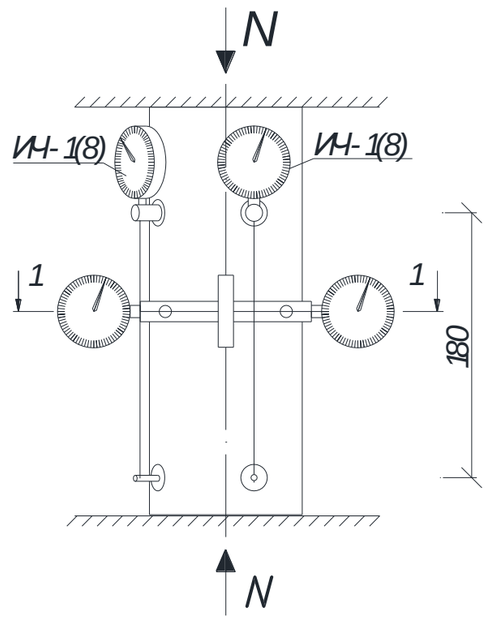


Рис. 2. Размещение приборов при испытании цилиндров

По отношению радиальных деформаций к продольным, для каждого загружения будет определяться коэффициент Пуассона. По пиковой точке диаграммы объемных деформаций – уровняв нагрузки (напряжения), находится предел верхнего микротрещинообразования. По второй производной коэффициент Пуассона – уровняв нагрузки вычисляется предел нижнего микротрещинообразования бетона.

УДК 624.032.33

КОЛЬЦЕВАЯ РАМКА ДЛЯ ФИКСАЦИИ РАДИАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В БЕТОННЫХ ЦИЛИНДРАХ

С. Д. СЕМЕНЮК, И. В. ИЛЬИНЫХ, Э. А. КЕТНЕР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При исследовании физико-механических характеристик бетонов согласно требований ТКП EN1992-1-1-2009 (02250) испытания необходимо проводить на образцах-цилиндрах диаметром 150 мм и высотой 300 мм. К настоящему времени такие характеристики бетонов, как модуль продольных деформаций, модуль поперечных деформаций, модуль сдвига, коэффициент упругости и коэффициент пластичности, а также предел верхнего и нижнего микротрещинообразования определяются на призмах размером 150×150×600 мм в соответствии с ГОСТ 24452-80*.

Авторами предлагается определять эти характеристики на цилиндрах с помощью стальной кольцевой рамки для фиксации радиальных деформаций в бетонных образцах. Общий вид кольцевой рамки с элементами крепления и индикаторами часового типа ИЧ-1, с ценой деления 0,001 мм, размещенными на цилиндре, показан на рис. 1.

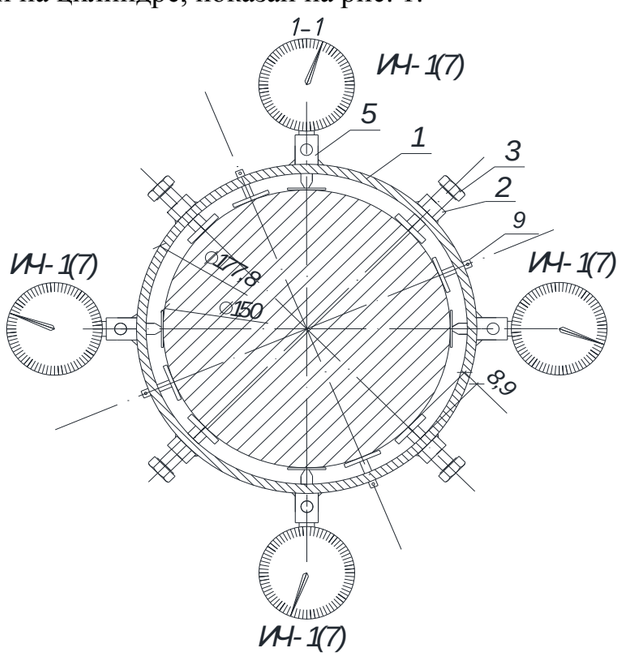


Рис. 1. Кольцевая рамка при испытании цилиндрического образца, разрез 1-1

УДК 666.9.022.3+691.33

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БАРАБАННО-ВАЛКОВОЙ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

А. Ю. КРОТ, Д. В. СУПРЯГА, Д. Г. ЧИГРИН
«ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
Харьков, Украина

Идея активации веществ с целью модификации их свойств для использования в различных сферах производства становится всё более популярной. Сотрудниками кафедры механизации строительных процессов разработана конструкция барабанно-валковой машины (рис. 1), которую предложено применять как активатор строительных смесей. Активатор (рис. 1) состоит из цилиндрического барабана, который установлен на роликах и вращается с закритической скоростью от привода. Внутри барабана снизу расположен валок 1, который способен катиться по внутренней поверхности барабана. Валок прижимается к внутренней поверхности барабана с помощью рычага 2. В верхней части к внутренней поверхности барабана прижимается нож 5. Загрузка и разгрузка материала осуществляется соответствующими лотками. Эксплуатационным недостатком машины является вибрация валка и устройства его прижатия вследствие естественной неравномерности слоя материала под валком. Применение гидравлического амортизатора значительно (втрое) снижает амплитуду колебаний системы, но существенно (на 13÷25 %) снижает эффективность активации. Перспективным путем стабилизации движения системы “валок-рычаг” является наложение дополнительных внешних возмущающих колебаний на эту систему. Такие колебания могут к тому же повысить эффективность активации.

С использованием второй основной теоремы динамики механической системы (теоремы об изменении кинетической энергии механической системы) *разработана математическая модель* системы – закон движения вибросистемы (пример реализации модели – на рис. 2). Предложенные математические зависимости не вошли в текст данных тезисов. Как координату, которая определяет положение системы, приняли перемещение валка 1 (рис. 1) – *“S”*. К грузу 3 приложена возмущающая сила (навесной дебалансный вибратор). Система *“рычаг 2– валок 1– вибратор 3”* колеблется в процессе работы машины относительно оси 4. Условные обозначения и ориентированные значения характеристик исследуемой системы (рис. 1): *m1, m2, m3* – массы тел механической системы (P_1, P_2, P_3 – вес каждого из этих тел – *валка*, *рычага* и *навесного вибратора*), l_1, l_2, l_3, l_4 – геометрические характеристики механизма; c – жесткость слоя материала при его

прокатке под валком (ориентировочно $c = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Так, если сила упругости $F_{уп} = 5000\text{Н}$, а деформация слоя $S_{полн} = 0{,}005\text{м}$, то жесткость составит $c = \frac{F_{уп}}{S_{полн}} = \frac{5000}{0{,}005} = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$). Вязкость $\eta \approx (100 - 800)\text{Па} \cdot \text{с}$.

$\mu = \eta \cdot \frac{S_{торца_валка}}{z} = \eta \cdot \frac{\pi \cdot D^2_{валка}}{4 \cdot z}$ – коэффициент вязких сопротивлений (z – зазор между торцом валка и торцом барабана (примерно, z = 0,01 м); p = 300 рад/с – угловая скорость принудительных колебаний; $F_0 = m_{деб} \cdot p^2 \cdot r = 1 \cdot 300^2 \cdot 0{,}07 = 6300$ Н – возмущающая сила вибратора).

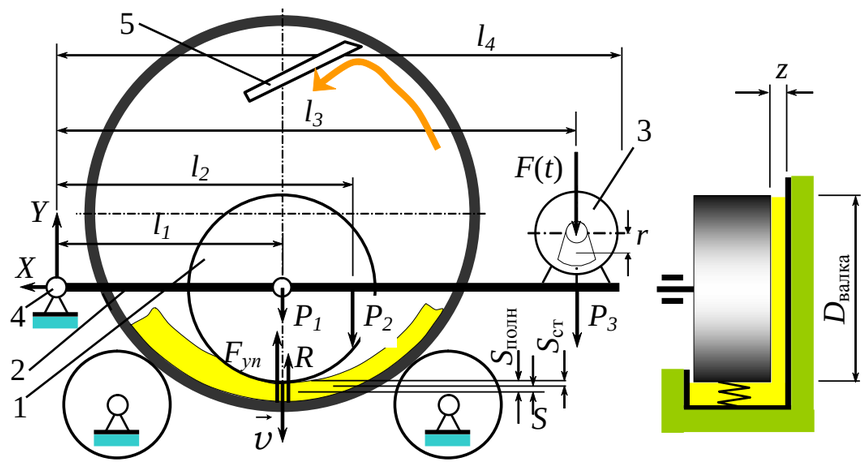


Рис. 1. Расчетная схема барабанно-валковой машины периодического действия с принудительной вибрацией системы

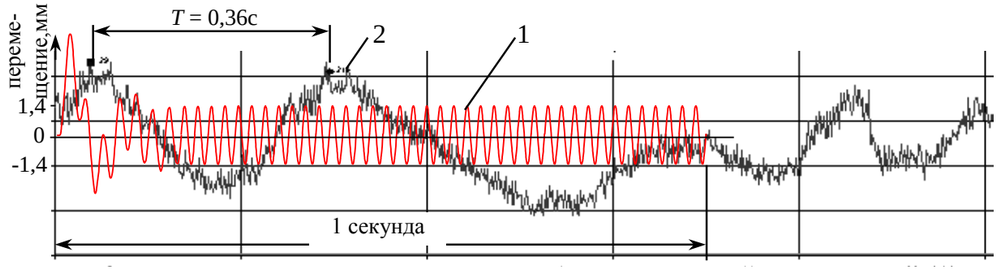


Рис. 2. Диаграмма принудительных колебаний системы “валок-рычаг” (1) рядом с экспериментальной диаграммой без принудительных колебаний (2)

Подтверждена возможность стабилизации движения системы “валок-рычаг” наложением дополнительных внешних вибраций на эту систему. Создана аналитическая математическая модель системы; определены параметры ее колебаний; экспериментально подтверждено положительное влияние внешних вибраций на эффективность активации.

Состав керамзитобетонной смеси для бетона класса CL 25/30: Ц:П:Щ= 1:1,84:0,79 при водоцементном отношении В/Ц=0,4. Плотность бетона в возрасте 28 суток оказалась равной 1780 кг/м^3. Состав керамзитобетонной смеси для бетона класса CL 16/20: Ц:П:Г=1:1,84:0,79 при водоцементном отношении В/Ц=0,46. Плотность керамзитобетона в возрасте 28 суток – 1545 кг/м^3. Состав керамзитобетонной смеси для бетона класса CL 10/12,5: Ц:П:Г=1:2,41:1,37 при водоцементном отношении В/Ц=0,51. Плотность керамзитобетона в возрасте 28 суток – 1390 кг/м^3. Состав керамзитобетонной смеси для бетона класса CL 8/10: Ц:П:Г=1:0,52:1,05 при водоцементном отношении В/Ц=0,63. Плотность бетона в возрасте 28 суток оказалась равной 950 кг/м^3.

Испытание призм на кратковременное центральное сжатие проводилось в полном соответствии с требованиями ГОСТ 24452-80. 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. При испытании, продольные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 370…375 мм, установленными вдоль оси по четырем граням призм. Поперечные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм на базе 110..115 мм.

Анализ экспериментальных данных позволил описать кинетику роста бетонов во времени гиперболической зависимостью $f_c^t = f_c^{28} \frac{t^2}{0{,}85 \cdot t + 4{,}2}$ при этом отклонение экспериментальных данных от предложенной зависимости не превышает 3 %.

Обработка результатов испытаний керамзитобетонных призм показала, что линейные корреляционные зависимости «секущие модули деформаций – напряжение или уровень напряжений» имеют место как для продольных, так и для поперечных и сдвиговых деформаций.

В возрасте 28 суток для бетона класса CL 8/10 пределы верхнего η^v_{crc} и нижнего η^0_{crc} микротрещинообразования оказались равны $\eta^v_{crc} = 0{,}769$, $\eta^0_{crc} = 0{,}518$; для бетона класса CL 10/12,5 – $\eta^v_{crc} = 0{,}779$ и $\eta^0_{crc} = 0{,}477$; для бетона класса CL 16/20 – $\eta^v_{crc} = 0{,}776$ и $\eta^0_{crc} = 0{,}505$; для бетона класса CL 25/30 – $\eta^v_{crc} = 0{,}788$ и $\eta^0_{crc} = 0{,}515$.

Полученные методом корреляционных анализов зависимости – модуль продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, объемные деформации, коэффициент Пуассона, пределы верхнего и нижнего микротрещинообразования керамзитобетона можно использовать при прогнозировании работы конструкций, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования.

УДК 691.32-033.33

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ КЕРАМЗИТА ЗАВОДОВ БЕЛАРУСИ

С. Д. СЕМЕНЮК, И. И. МЕЛЬЯНЦОВА, А. Г. ПОДГОЛИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Применение легкого бетона значительно расширяется, т. к. его использование эффективно не только для наружных ограждений отапливаемых зданий, но и во всех случаях, когда необходимо уменьшить вес конструкции. Особое значение легкий бетон имеет для строительства зданий из крупных панелей и блоков, использование его существенно снижает трудоемкость, вес и стоимость сооружений. 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 прочности и деформативности образцов из легкого бетона на основе керамзита заводов Беларуси классов CL 8/10, CL 10/12,5, CL 16/20 и CL 25/30 в виде кубов, призм и цилиндров на кратковременное центральное сжатие в соответствии с ГОСТ 24452-80.

В каждой серии экспериментальных исследований было заформовано и испытано 12 кубов с размером ребра 150 мм, 8 кубов с размером ребра 100 мм, 12 цилиндров диаметром 150 мм и высотой 300 мм и 12 призм размерами 150×150×600 мм. Испытания проводились в возрасте 7, 14, 28 и 60 суток. В каждом возрасте испытывалось по 3 куба с размерами ребра 150 мм, 2 куба с размерами ребра 100 мм, 3 призмы размерами 150×150×600 мм и 3 цилиндра диаметром 150 мм и высотой 300 мм.

Для изготовления легкого бетона класса CL 8/10 в качестве крупного заполнителя использовался керамзитовый гравий фракций 5–10 и 10–20 мм; в качестве мелкого заполнителя – песок керамзитовый фракции 0–4 мм ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль». В качестве крупного заполнителя для бетона класса CL 16/20 использовался керамзитовый гравий фракций 5–10 мм и 10–20 мм. Для изготовления легкого бетона класса CL 10/12,5 применялся только керамзит фракции 10–20 мм. Для изготовления легкого бетона класса CL 25/30 в качестве крупного заполнителя использовался керамзит щебнеподобный фракций 5–10 мм Петриковского керамзитового завода ОАО «Гомельский ДСК». Мелким заполнителем для бетонов классов CL 25/30, 16/20 и 10/12,5 служил песок кварцевый с модулем крупности $М_{кр}$=1,8, вяжущим для всех серий служил портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» марки М 500.

УДК 621.867

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗАГРУЗОЧНОЙ СЕКЦИИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Д. М. КУЗЕМКИН, В. А. ДОВГЯЛО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Существенными недостатками современных ленточных конвейеров являются издержки на капитальные и текущие расходы, связанные с необходимостью периодической замены ленты и ремонта роликоопор. Анализ работ, посвященных решению данной проблемы, показывает, что минимизировать затраты и повысить срок службы машины можно путем введения в конструкцию конвейера специальных загрузочных устройств [1, 2, 3].

Целью данной работы является динамический анализ различных конструкций конвейера на основе расчетов, полученных при помощи компьютерного моделирования.

Для достижения поставленной цели работа конвейера была промоделирована в трех модификациях: без специальных приемочных устройств в загрузочной части (рис. 1), с подрессоренными роликоопорами и с упругими опорами скольжения. Компьютерное моделирование выполнялось в программном комплекс MSC.ADAMS.

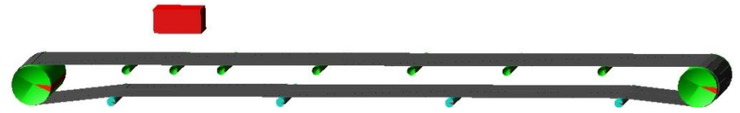


Рис. 1. Модель конвейера без специальных приемочных устройств

В результате расчетов были получены зависимости вертикальных сил, действующих на оси роликоопор, от времени (рис. 2). Из графика видно, что на первой секунде эксперимента резко увеличиваются силы, действующие на вторую роликоопору с левого края, это обусловлено моментом контакта груза с лентой при падении. На второй секунде наблюдается скачок сил, действующих на вторую роликоопору с левого края в момент перекатывания груза через ролик. На третьей секунде наблюдается максимальное значение сил, равное 8190 Н, действующих на третью с левого края ось роликоопоры, что может быть вызвано явлением резонанса.

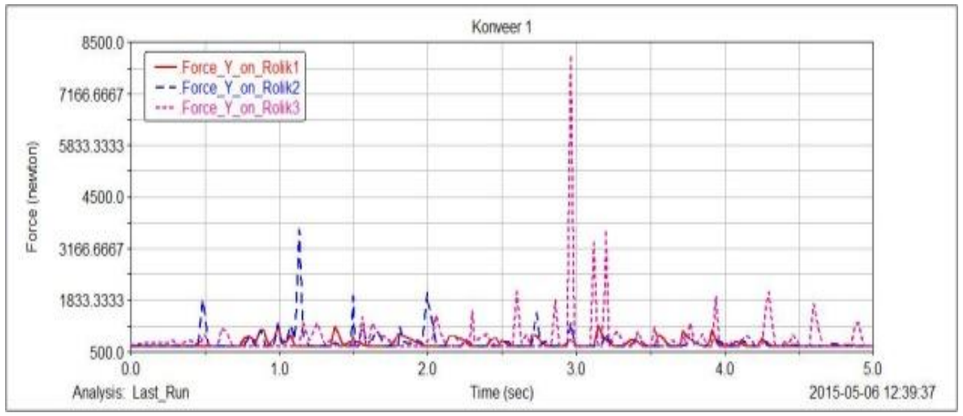


Рис. 2. Зависимости вертикальных сил, действующих на оси роликоопор, от времени для первой модели

Для анализа работы различных конструкций загрузочных секций были созданы модели конвейера с подрессоренными роликоопорами и с упругими опорами скольжения в загрузочной части. В результате получены аналогичные зависимости, на основании которых сделаны следующие выводы.

1. Наибольшие силы возникают в моменте контакта падающего груза с поверхностью ленты.

2. При перекатывании груза через ролики возникают дополнительные усилия, которые могут приводить к резонансу.

3. Из трех проанализированных моделей конвейеров наиболее благоприятным для транспортирования штучных грузов является конструкция с упругими подрессоренными роликоопорами в зоне загрузки. Данное исполнение позволяет снизить максимальные динамические усилия от падающего груза на оси роликов, не допуская возникновение резонансных явлений, и добиться стабильных амплитудно-частотных характеристик работы конвейера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ахметова, Ш. Д.** Исследование методов снижения нагрузок на полотно конвейера / Ш. Д. Ахметова, А. Т. Бахтиярова // Журнал машиностроение. – 2013. – № 1. – С. 60–64.

2. **Кочнева, О. В**. Повышение надежности загрузочных секций распределительных конвейеров обогатительных фабрик : автореф. дис. канд. техн. наук / О.В. Кочнева. – Иркутск, 2006. –21 с.

3. **Голицин, С. В.** Обоснование рациональных параметров опор скольжения ленточных конвейеров в зоне загрузки: автореф. дис. … канд. техн. наук. – СПб. : 2004. – 28 с.

Стальная фибра обычно изготовлена из стальной проволоки длиной от 30 до 80 мм, диаметром 0,5–1,2 мм, прочность на растяжение около 1000 МПа и более. Фибра может быть изготовлена из нержавеющей стали, из обыкновенной стали с покрытием и без покрытия. Номинальный расход 20–40 кг на 1 м^3 бетона.

Важным параметром для фибры является отношение длины к диаметру l/d. Желательным является отношение, принимаемое в пределах 80–100.

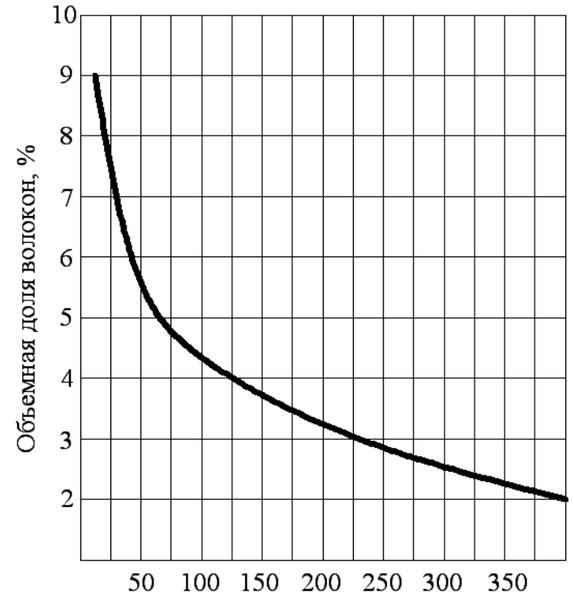


Рис. 1. Зависимость объемной доли фибровой арматуры от отношения длин фибр к их диаметру

Наращивание выполняется со стороны одной или двух граней усиливаемой конструкции. При увеличении поперечного сечения сжатой зоны минимальный процент продольного армирования наращивания составляет μ_{min} = 0,05 %.

Толщина наращивания определяется расчетом и принимается с учетом условий укладки и уплотнения бетонной смеси. Класс бетона наращивания рекомендуется применять не ниже класса бетона усиливаемой конструкции и не ниже С12/15.

Применение сталефибробетона как альтернативного материала для усиления сжатой зоны железобетонных изгибаемых элементов, является перспективным направлением (в связи с его преимуществами) по сравнению с мелкозернистым бетоном.

УДК 624.012

ПРИМЕНЕНИЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ДЛЯ УСИЛЕНИЯ СЖАТОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С. Д. СЕМЕНЮК, И. Н. ШУРИНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время для усиления строительных конструкций, в частности, изгибаемых железобетонных элементов, перспективным является применение высокоэффективных конструкционных материалов, например, сталефибробетона, который по прочностным и деформативным характеристикам превосходит мелкозернистый бетон.

Повышение свойств по сравнению с неармированным бетоном матрицы, в среднем, выражается следующими показателями.

Табл. 1. Рост свойств сталефибробетона по сравнению с бетоном

Свойства	Рост свойств
Предел пропорциональности при растяжении и изгибе	в 2 раза
Предел прочности при растяжении	в 2,5 раза
Предел прочности при изгибе	в 3,5 раза
Предел прочности при сжатии	в 1,5 раза
Ударная прочность	в 10 раз
Вязкость при достижении предела прочности	в 10–20 раз (до 34)
Трещиностойкость по сравнению с железобетоном:	
– при раскрытии трещин до 0,005 мм	в 2,5–6 раз
– при раскрытии трещин до 0,2 мм	в 3–3,5 раз
Деформативность	в 2–10 раз
Сопротивление кавитации	в 3 раза
Сопротивление абразии (истираемость)	в 2 раза
Морозостойкость	в 1,5–2 раза
Термостойкость	в 5–7 раз
Коррозионная стойкость	в 2 раза

В табл. 1. приведены данные для сталефибробетона с объемным содержанием фибр около 2 %, диаметр d = 0,25 мм, отношение l/d = 100, водоцементное отношение 0,50 и матрица из мелкозернистого бетона.

Существует два основных класса фибры для упрочнения бетона:

– из полимерных материалов (обычно полипропиленовая);

– металлическая (стальная).

Полипропиленовая фибра улучшает характеристики бетона в первоначальный период набора прочности бетоном. Стальная фибра улучшает характеристики бетона после набора бетоном прочности.

УДК 621.43

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Е. В. КУЗНЕЦОВ, А. М. КУРГУЗИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Многие модели современных самоходных машин в качестве энергетической установки имеют дизельные двигатели. На характеристики (топливную экономичность, токсичность, шумность и др.) любого двигателя внутреннего сгорания, в том числе и дизеля, существенное влияние оказывают параметры и характеристики его системы питания и в первую очередь топливного насоса высокого давления (ТНВД).

Анализ более, чем 120-летней истории развития дизелей показывает, что одной из основных тенденций является увеличение максимального давления впрыска ($p_{вп}^{max}$) топлива в цилиндры двигателя. Так, если у первых отечественных дизелей самоходных машин указанное давление было не более 20 МПа, то у последних современных машин уже превышает 250 МПа. Добиться столь высоких давлений удаётся благодаря очень точному (прецизионному) изготовлению плунжеров и втулок ТНВД, что безусловно существенно увеличивает затраты на производство, сокращает ресурс насосов и ужесточает требования к топливу.

Целью исследований являлась оценка допустимого радиального зазора между плунжером и втулкой, а также влияние производительности ТНВД на $p_{вп}^{max}$.

Исследования проводились с помощью математической модели [1], реализованной на ЭВМ. Данная модель имитирует подачу топлива плунжерным насосом через многодырчатую форсунку и учитывает: а) утечки в форсунке и ТНВД, б) сжимаемость топлива, в) скоростной режим, г) конфигурацию кулачка и др.

В модели задавались параметры форсунки ФД-22 дизеля Д-240 (четыре сопловых отверстия диаметром 0,29 мм), но отрегулированной на давление начала впрыска 23 МПа. Имитировалась работа ТНВД с максимальным подъёмом кулачка $h_{тн}$ = 4 мм на режиме близком к номинальному (угловая скорость коленчатого вала $\omega_д$ = 200 рад/с).

Факторами варьирования являлись:

1) радиальный зазор между плунжером и втулкой ТНВД $\delta_п$;

2) номинальный диаметр плунжера $d_п$. В качестве оценочного показателя принято максимальное давление впрыска топлива $p_{вп}^{max}$.

Результаты исследований представлены в табл. 1. Графическая интерпретация данных табл. отражает рис. 1

Табл. 1. Влияние параметров насоса на его характеристики

Диаметр плунжера $d_п$, мм	8				10				12			
Радиальный зазор между плунжером и втулкой δ, мкм	0,5	1,0	2,0	3,0	0,5	1,0	2,0	3,0	0,5	1,0	2,0	3,0
Наибольшее давление впрыска $p_{вп}^{max}$, МПа	53	52	50	49	93	90	83	77	200	186	165	148
	100 %	98 %	94 %	92 %	100 %	97 %	89 %	83 %	100 %	93 %	82 %	74 %

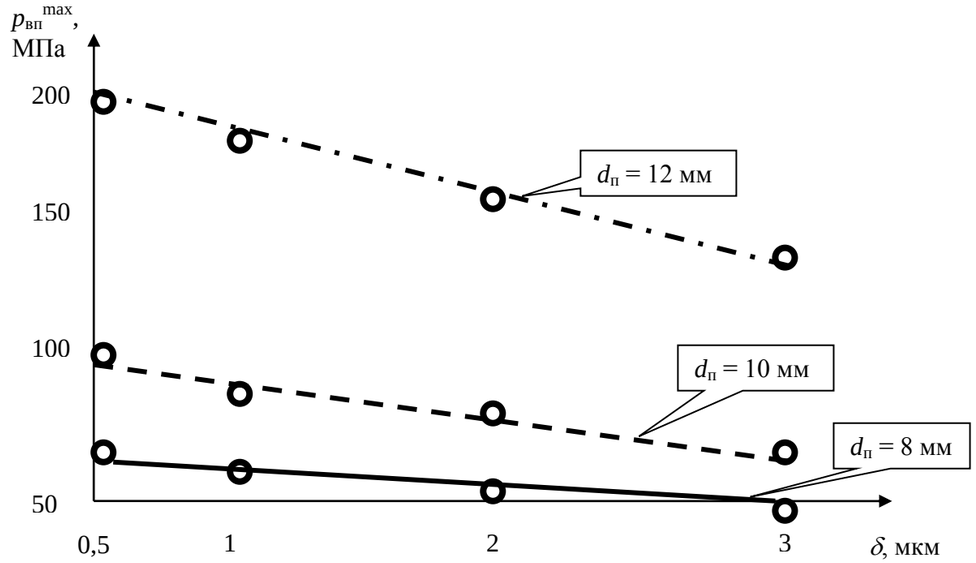


Рис. 1. Графическая интерпретация

Анализ полученных результатов показывает:

1) наибольшее влияние на максимальное давление впрыска оказывает отношение производительности насоса к площади сопловых отверстий;

2) с ростом производительности насоса его износ более существенно влияет на максимальное давление впрыска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузнецов, Е. В**. Структура и выбор параметров перспективной топливной системы дизеля / Е. В. Кузнецов // Автомобильная промышленность. – 2004 – № 6 – С. 13–16.

Однако, при уровне нагружения, близком к верхней границе микротрещинообразования, деформации бетона значительно (на 20–30 %) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением и немногократно повторной нагрузкой с низким и средним уровнями (рис. 1).

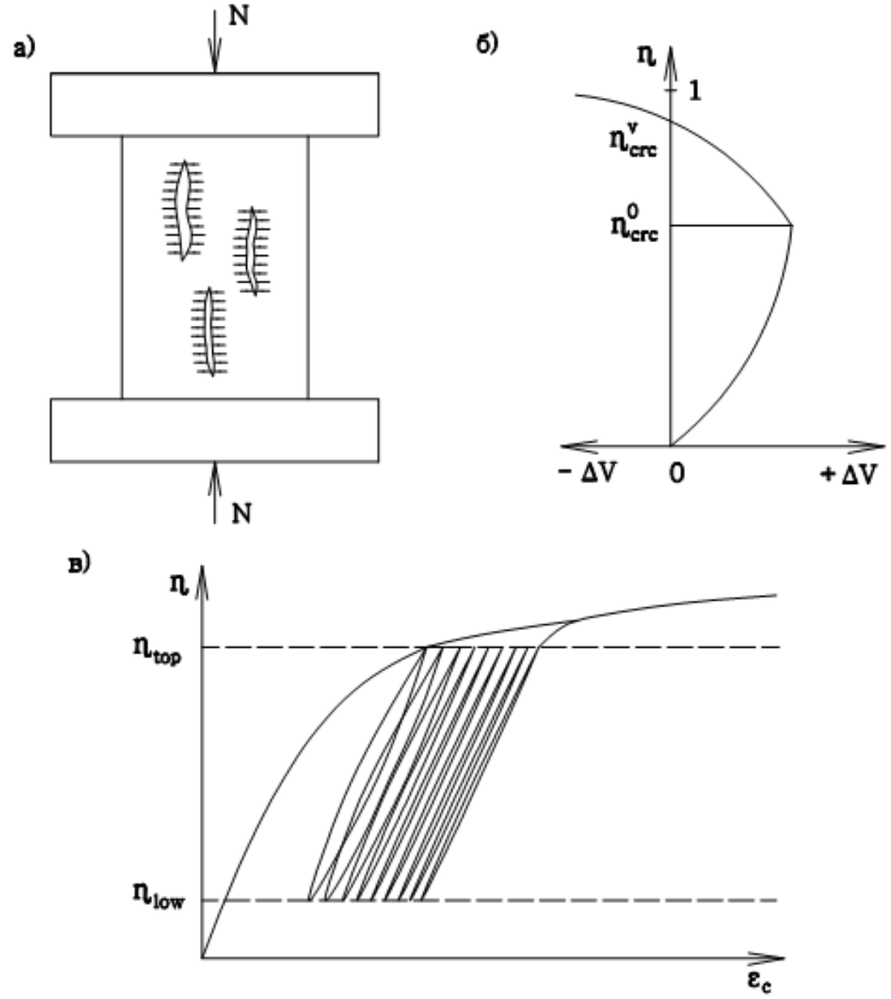


Рис. 1. Схематичное изображение: а – образования трещин в бетонном образце при сжатии; б – изменение скорости прохождения ультразвука через образец в процессе нагружения; в – петель гистерезиса и огибающей кривой для случая малоциклового нагружения; $η_{low}$ и $η_{top}$ – соответственно нижний и верхний уровень напряжений

УДК 624.012

ВЛИЯНИЕ МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ БЕТОНА

С. Д. СЕМЕНЮК, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, А. С. САМСОНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Анализ исследований современных ученых показал, что к малоцикловым относятся нагружения с количеством циклов $n \leq 2 \cdot 10^4$. Немногократно повторными нагружениями также являются нагружения с числом циклов для бетонных конструкций 10–500. К малоцикловым относятся такие нагрузки как ветровые, снеговые; нагрузки, вызванные землетрясением; от массы людей, мебели, складированных материалов.

Ученые выделили на диаграмме деформирования бетона две параметрические точки, характеризующие процесс трещинообразования в процессе нагружения. Первая параметрическая точка является границей микроразрушения η^0_{crc} (нижняя граница микротрещинообразования) и определяется уровнем нагружения, при котором начинается процесс разупрочнения и в теле бетона появляются микротрещины отрыва. Вторая параметрическая точка η^v_{crc} (верхняя граница микротрещинообразования) определяется уровнем нагружения, при достижении которого (в процессе увеличения нагрузки) в бетоне развиваются псевдопластические деформации и происходит накопление микроразрушений, в результате чего происходит слияние микротрещин в макротрещины, которые приводят к разрушению бетонной матрицы (рис. 1, а, б).

Экспериментально установлено, что основные процессы деформирования бетона заканчиваются после действия первых десяти циклов. С увеличением числа циклов нагружения влияние режима нагружения на прочность уменьшается (рис. 1, в). Это объясняется тем, что проблему многоцикловой усталости можно охарактеризовать как проблему прочности, а малоцикловой усталости – как проблему граничного деформирования.

Также опытным путем установлено, что деформации бетона, предшествующие разрушению, при малоцикловом нагружении значительно выше, чем при статическом, что объясняется перераспределением внутренних усилий между цементно-песчаной матрицей и заполнителем. При высоких уровнях нагружения бетон разупрочняется, и ширина петли гистерезиса растет от цикла к циклу вплоть до разрушения. При низких и средних уровнях бетон ведет себя как материал, циклически уплотняющийся, затем следует период стабилизации. Была отмечена следующая особенность: в большинстве случаев малоцикловые нагружения приводят к уменьшению конечных деформаций бетона в сравнении с однократным нагружением.

УДК 621.002.68

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

А. М. КУРГУЗИКОВ, Е. В. КУЗНЕЦОВ, *Н. Г. СЕЛЕЗНЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ООО «Экосфера-Могилев»
Могилев, Беларусь

В ранее опубликованных материалах авторы приводили результаты анализа исследований по существующей проблеме переработки древесных отходов на твердотопливные брикеты и пеллеты.

Дополнительной проблемой является отсутствие оборудования для эффективной, неэнергоемкой технологии переработки древесных отходов с учетом необходимости применения местных отходов производств, таких как солома злаковых и бобовых, листьев, коксовой пыли.

Созданный комплект оборудования в объеме линии переработки в содружестве ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» и ООО «Экосфера-Могилев» позволяет эффективно перерабатывать вновь вовлекаемые источники сырьевых отходов. В работе также приводятся результаты проведенных исследований по определению качества получаемого топлива с глубокой апробацией на теплотворность, зольность, возможность транспортирования, хранения, возможность автоматизации процесса сжигания и др.

В работе отмечаются проведенные исследования по проектированию и изготовлению пилотных и опытных образцов оборудования и зданий под их размещение для производства пеллет с учетом возможного быстрого настраивания на переработку отходов сельскохозяйственного производства, производства спирта, коммунальных служб, промышленного и гражданского строительства. Основная проблема состоит в подготовке сырья представляющего собой фракции различного размера и формы, твердости и пластичности, объёмного веса и плотности. С целью применения соломы и шрота злаковых и подсолнуха в качестве сырья для пеллет в значительной степени изменило подход к измельчению сырья т. к. представляет собой волокнистую структуру различной прочности.

Усредненная экономическая эффективность использования и расход различного вида топлив на получение 1 Гкал тепла для котлов по усредненному КПД приведены в табл. 1.

Табл. 1. Экономическая эффективность и расход топлива на 1 Гкал тепла

Расход топлива, кг или м^3	206	103,3	105,7	151,8	409	720	224	222
Стоимость 1 Гкал, у.е.	267,8	878	359,4	115,38	160	120	224	147,3
Коэффициент относительной стоимости	2,32	7,6	3,11	1	1,39	1,04	1,94	1,3
Вид топлива	Уголь каменный	Дизельное топливо	Мазут	Природный газ	Дрова	Опилки, кора	Брикет торфяной	Пеллеты

Разработанные и опробованные шесть видов топлива показали очень хорошие результаты и получили паспорта с основными показателями, которые приведены в табл. 2.

Табл. 2. Основные характеристики топлив на основе промышленных отходов

Вид топлива	Щепа древесная	Лигнин, гранулы	Лигнин, брикет	Лигнин + кокс, 40/60 %	Листья + кокс, 50/50 %	Листья	Твердое топливо + лигнин
Влажность, %	45–60	4,6-5	12	2,7	6,47	14,7	16,6
Теплота сгорания, Ккал/кг	2900	4320	3790	6105	5222	3136	3727
Насыпная плотность, кг/м^3	530	320	300	330	285	159	224
Зольность, %	0,4–2	16	15,6	10,8	14,32	14	10,5
Сера, %	0,02	0,86	0,8	0,5	0,45	0,28	0,12
Тепловой эквивалент	0,38	0,58	0,5	0,82	0,746	0,448	0,53

Анализ полученных результатов показывает:

1) наибольшая теплотворность у пеллет, полученных из лигнина и коксовой пыли в соотношении 40 на 60 %;

2) наименьшая зольность и содержание вредных выбросов у топлив из древесной щепы и твердотопливных пеллет;

3) наивысший топливный эквивалент, экономическая эффективность у топлив лигнин+кокс (40/60 % и листья+кокс (50/50 %) в виде пеллет.

В настоящее время вымытые и измельченные этикетки вывозятся на заводские склады, а оттуда на специальную свалку, где их утилизируют. В результате на складах лежит около 300 т этикеток, между тем каждый месяц поступает еще 8 т продукта. В месяц за эксплуатацию свалки предприятию приходится платить около 200 млн р.

Полипропилен (ПП) – это термопластичный полимер пропилена (пропена). Полипропилен представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, то есть в натуральном виде полупрозрачен, но может легко окрашиваться добавлением соответствующих пигментов и красок. Полипропилен является весьма устойчивым почти во всех отношениях полимером. Он противостоит воздействию большинства полярных органических растворителей даже при высокой их концентрации и температуре выше 60 °С. Также полипропилен устойчив к воздействию водных растворов неорганических соединений.

Поливинилхлорид (ПВХ) – бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида. Отличается химической стойкостью к щелочам, минеральным маслам, многим кислотам и растворителям. Не горит на воздухе и обладает малой морозостойкостью (-15 ºС). Нагревостойкость +66 ºС.

Полиэтилен – термопластичный полимер этилена, относится к классу полиолефинов. Является органическим соединением. Самая распространённая в мире пластмасса. Представляет собой массу белого цвета (тонкие листы прозрачны и бесцветны).

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) – сложный полиэфир. При нагреве выше 80 °С начинает кристаллизоваться, обладает хорошей морозостойкостью (-70 °С) и высокой теплостойкостью. Полиэфирные пленки жестки и прочны, высокопрозрачны.

Было проведено исследование на использование отходов от вторичной переработки пластиковых бутылок, а точнее пластиковой этикетки в измельченном виде в качестве армирующего компонента вместе со связующим веществом (гипсом). Была изготовлена серия образцов размером (40×40×160 мм) с различным содержанием добавки и контрольные образцы. Испытания проводились по стандартной методике. По полученным результатам было установлено, что, при введении отходов вторичной переработки полимеров, прочность гипса при сжатии уменьшилась на (2,73–40,54 %) в зависимости от количества добавки (2–3 %). Наилучшие результаты были достигнуты при добавлении 2,55 % добавки. Незначительное уменьшение прочности в данном образце компенсируется экономией гипса и увеличением звукоизоляционных и теплоизоляционных свойств.

УДК 621.9

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГИПСА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОТХОДОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р. П. СЕМЕНЮК, Н. В. ЛОБИКОВА, Д. И. АЛЬХОВИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Промышленность пластмасс развивается сегодня исключительно высокими темпами. Начиная с 1960-х гг. производство полимеров, основную долю которых составляют пластмассы, удваивается через каждые 5 лет.

Таким образом, отходы пластмасс превратились в серьезный источник загрязнения окружающей среды и большинство стран резко интенсифицировали работы по созданию эффективных процессов утилизации или обезвреживания этих отходов. Это во многом связано и с тем, что пластмассовые отходы являются все возрастающим по масштабам вторичным сырьем, которое может служить как для получения изделий и композиций, так и в качестве источника топливных ресурсов. В условиях, когда сырьевые нефтехимические проблемы и проблемы энергетики очень остро стоят во многих странах мира, определенный вклад в решение этих вопросов может внести применение рациональных способов утилизации и обработки пластмассовых отходов.

Дело переработки бытовых отходов только начинает развиваться в Беларуси. Одним из заводов, занимающимся переработкой отходов является «РеПлас-М» – предприятие по переработке пластиковых бутылок и полиэтиленовой плёнки. Сюда попадает около 95 % всего собираемого в Беларуси пластикового сырья.

К сожалению, существует проблема переработки этикеток. При том что на предприятии налажена переработка полимеров, т. к. полипропилен, поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен или полиэтилентерефталат гликоль, из которых состоят этикетки, их эффективная переработка невозможна, поскольку в состав большинства этикеток помимо указанных полимеров входят: краска (до 50 %), клеящие вещества и бумага.

Если от бумаги можно избавиться на этапе мойки, то с краской и клеем все намного сложнее. Чтобы избавиться от некоторых клеящих составов необходимо использовать специальные растворители. От краски же в составе этикетки избавиться практически невозможно.

Таким образом, для того чтобы получить на выходе тонкую полимерную пленку, годную для последующей переработки, этикетка должна пройти длительный и трудоемкий процесс, который, кроме всего, не гарантирует 100 % результат. Следовательно, такой способ является затратным и нецелесообразным.

УДК 621.87:658.512.011.56

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИН НАТЯЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА

И. В. ЛЕСКОВЕЦ, А. Д. БУЖИНСКИЙ, О. В. ЛЕОНЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Гусеничные машины являются незаменимыми в строительстве и добыче рудных и нерудных материалов. Важным отличием от колесных машин является низкое давление на грунт и высокая тяговая способность. Удельное давление на грунт современных гусеничных машин составляет 50–70 кПа. Удельное давление на грунт колесных тракторов, как правило, не устанавливается производителем, т. к. зависит от типа колес, установленных на машину и давления в шинах.

Низкое удельное давление на грунт гусеничных машин является как преимуществом, так и обуславливает наличие одного из главных недостатков – высокого износа траков, что требует частой замены элементов движителя. Быстрый износ траков обусловлен тяжелыми режимами работы в среде, обладающей высокими абразивными свойствами. Кроме того, высокое натяжение гусеничного обвода способствует быстрому износу пальцев, либо резино-металлических шарниров.

Величина натяжения гусеничного обвода должна обеспечивать требуемое сцепление гусеницы с ведущей звездочкой, а так же поворот машины. Как правило, производитель указывает рекомендованные значения величин натяжения гусеничного обвода, которые могут варьироваться в достаточно широких пределах.

Целью работы является установка с помощью специализированного программного обеспечения [1] влияния величины натяжения гусеничного обвода на эксплуатационные характеристики трактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 404 от 14.03.12. Программа для расчета характеристик гусеничных машин для земляных работ с отвальными рабочими органами / И. В. Лесковец. – Нац. центр интеллектуальной собственности РБ.

УДК 621.833.6

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗБОРКЕ ЗАВАЛОВ

С. Д. МАКАРЕВИЧ, К. А. КОСТЮК, О. О. СМИЛОВЕНКО
Учреждение
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС
Республики Беларусь»
Государственное учреждение образования
«КОМАНДНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ МЧС Республики Беларусь»
Могилев, Минск, Беларусь

Одной из характерных особенностей обстановки в зоне разрушений зданий и сооружений являются вторичные поражающие факторы (пожары, задымления, подтопления, заражения АХОВ и т. п.), возникающие в результате повреждения коммунально-энергетических сетей и технологических установок, промышленных объектов и препятствующие проведению спасательных работ. Соответственно, возникает необходимость выполнения неотложных работ по локализации, подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия указанных факторов; создания условий, необходимых для ведения работ, сохранения жизни и здоровья людей; разборки завалов в условиях повышенной опасности для спасателей.

В зависимости от характера сложившейся обстановки, неотложные работы могут включать:

– устройство проходов (проездов) в завалах на маршрутах ввода и участках ведения работ;

– отрывку котлованов и выемок в завалах с целью доступа в заваленные помещения или к их стенам;

– обрушение неустойчивых элементов конструкций поврежденных и разрушенных зданий;

– тушение пожаров и борьбу с задымлением на участках и объектах работ;

– локализацию аварий на коммунальных сетях;

– локализацию и обеззараживание проливов и облаков АХОВ;

– восстановление в необходимых объемах системы электроснабжения и др.

При этом для разборки завалов применяют следующее оборудование:

– автогенное – для резки металлических элементов (ацетиленокислородные и бензокислородные аппараты);

– пневматическое – для разбивки бетонных и каменных конструкций;

– подъемное – для подъема и перемещения обрушенных элементов (колесные, гусеничные краны);

значительного количества подопытных животных (около 70 на одно испытание).

В БГУ был создан альтернативный биологическому, расчетно-экспериментальный метод оценки токсичности продуктов горения звукопоглощающих и звукоизоляционных изделий. В основу метода легла расчетная модель, отражающая взаимосвязь между токсичностью и составом газовой смеси, образующейся при термическом разложении гипсокартонных и гипсоволокнистых листов, а также минераловатных и минераловолокнистых плит. Для создания модели были использованы собственные экспериментальные данные, полученные на специально изготовленной установке, позволяющей одновременно определять токсичность продуктов горения биологическим методом и анализировать их состав. Было исследовано 107 различных видов звукопоглощающих и звукоизоляционных изделий, представляющих собой листы гипсокартонные стандартные, влагостойкие, огнестойкие, влагоогнестойкие, ламинированные, перфорированные, гипсоволокнистые, плиты минераловатные, минераловолокнистые.

В разработанном методе конкретизированы начальные условия проведения испытаний (указаны масса образца и объем экспозиционной камеры установки); установлен температурный режим, при котором следует проводить основные испытания. Это исключает необходимость проведения предварительных испытаний, в которых осуществляется подбор условий, при которых токсичность образующихся газов максимальна; количество анализируемых газов сведено к минимуму, т. к. показано, что токсичность продуктов горения обусловлена оксидом углерода, и при расчете показателя токсичности данных изделий необходимо оценивать только содержание CO, CO_2 и O_2. Все это поможет существенно сократить общее время, затрачиваемое на проведение испытаний, и максимально добиться уменьшения использования подопытных животных. Это в свою очередь, позволит снизить стоимость проведения испытаний и повысить их доступность как для отечественных производителей, так и для импортеров звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов.

В ходе выполнения работы была создана База данных «Токсичность продуктов горения. Изделия звукопоглощающие и звукоизоляционные» (регистрационное свидетельство № 1311404249 от 04.09.2014 г.). База данных предназначена для сбора, хранения и обработки информации о составе газовой смеси и токсичности продуктов горения, образующихся при термическом разложении звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов. Полученные в ходе проведения работы результаты внесены в базу данных, которая содержит 1938 записей и занимает объем 1,26 МБ.

УДК 614.841.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ

С. Ф. СВИРЩЕВСКИЙ, С. Л. ЛЕЙНОВА, Г. А. СОКОЛИК
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Для большинства современных зданий, например, кинотеатров, концертных и конференц-залов, учебных, офисных помещений и др. обеспечение комфортной акустической среды является одним из основных функциональных требований. Акустические свойства строительных объектов существенно влияют на характер звуковоспроизведения в них, поэтому акустические свойства аудиторий, предназначенных для чтения лекций, и помещения, предназначенные для проведения концертов, должны отличаться.

К сожалению, при проектировании и строительстве объектов не всегда обеспечиваются нормативные показатели звукоизоляции и звукопоглощения, несмотря на то, что современный рынок представлен большим ассортиментом изделий, среди которых можно выбрать необходимые звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы, полностью удовлетворяющие технико-эксплуатационным требованиям (физико-механических и акустических), предъявляемым к зданию или к отдельному помещению.

При выборе материала необходимо учитывать его безопасность, в том числе и пожарную, оценка которой проводится по нескольким характеристикам: горючесть, токсичность продуктов горения, воспламеняемость, дымообразующая способность и распространение пламени по поверхности.

Причиной более 70 % смертельных случаев на пожарах является отравление продуктами горения, поэтому контроль токсичности продуктов горения веществ и материалов, в том числе, звукоизоляционных и звукопоглощающих, используемых в строительстве, предусмотрен различными международными и национальными стандартами (ТКП 45-2.02-142-2011, ГОСТ 23499-2009 и ГОСТ 6266-97).

Оценка качества продукции, выпускаемой предприятиями строительного комплекса Беларуси, а также импортируемой продукции, определяется путем проведения соответствующих испытаний. Существующие на сегодняшний день методы не всегда позволяют сделать это оперативно и с малыми трудозатратами. Так, токсичность продуктов горения (H_{CL50}) на территории Республики Беларусь (а также России, Украины, Казахстана и некоторых других стран СНГ) проводится биологическим методом в соответствии с ГОСТ 12.1.044. Биологический метод, представленный в данном документе, длительный (около 3-х недель) и требует использования

– тяговое – для растаскивания конструкций, элементов и крупных глыб (лебедки, тракторы);

– транспортное (транспортеры, автопогрузчики, автомашины, трейлеры и т.д.)

– буровзрывное – для выполнения буровзрывных работ.

Предлагаем при устройстве проходов в завалах и обрушении неустойчивых конструкций зданий использовать многоцелевые передвижные средства, предназначенные (в комплексе с набором различных видов сменного рабочего оборудования) для технологических операций получения отверстий и транспортировки строительных конструкций. Такое оборудование позволит повысить эффективность и безопасность, снизить трудоемкость в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

УДК 621.873

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

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

Стреловые самоходные краны (пневмоколесные, гусеничные, железнодорожные, автомобильные) широко используются на строительно-монтажных, ремонтных, погрузочно-разгрузочных и других работах по подъему и перемещению различных грузов. Особое место среди этих кранов занимают автомобильные краны с телескопическими стрелами, обладающие высокой мобильностью, что позволяет их эффективно использовать на рассредоточенных объектах. Объем производства автокранов из года в год возрастает. В Российской Федерации производством автокранов занято около десятка заводов – Ставропольский, Клинцовский, Галичский, Ивановский автокрановые заводы, Камышинский завод «ГАЗПРОМКРАН», Челябинский механический заводы и др. В Республике Беларусь производство автокранов КС-3579, КС-45729, КС-55727 грузоподъемностью 15, 16 и 25 т соответственно, освоено на Могилевском заводе «Трансмаш».

Основными направлениями дальнейшего развития и совершенствования стреловых кранов является увеличение грузоподъемности, высоты подъема и повышение безопасности.

Определяющей характеристикой безопасности работы стреловых самоходных кранов является их устойчивость против опрокидывания. Следует отметить, что устойчивость стрелового крана обеспечивается только его собственной массой, поскольку он является свободностоящей грузоподъемной машиной. Устойчивость стрелового крана зависит от многих параметров, основными из которых являются: вес неповоротной, поворотной частей крана и координаты центров тяжести этих весовых составляющих; рабочий вылет и сила тяжести рабочего груза; размеры опорного контура. Размеры опорного контура – это расстояние между осями гидроцилиндров выносных опор вдоль и поперек продольной оси крана. Так для семейства автокранов Могилевского завода «Трансмаш» размеры опорного контура составляют от 4150х5000 до 5090х5400 мм. Очевидно, что для повышения устойчивости крана, при прочих равных условиях, необходимо увеличить его массу или размеры опорного контура.

Устойчивость крана против опрокидывания оценивается нормированным коэффициентом запаса устойчивости, определяемым как отношение момента удерживающего, к моменту опрокидывающему относительно ре-

Для проведения такого контроля рекомендуется применять автоматизированные стационарные системы мониторинга технического состояния, для функционирования которых создаются соответствующие центры. Характерно, что центры мониторинга создаются, как правило, на базе университетов и крупных НИИ. Такой подход позволяет проводить исследования и обследования на высоком уровне, поднимать качество учебного процесса и научной работы студентов, соединять потребности практики с наукой.

КГТУ имеет опыт в проведении технического обследования зданий и сооружений, мониторинга строительных конструкций. Кафедрой ПГС в рамках проводимых НИР [1] разработана программа «Мониторинг СК». Программа позволяет экспортировать числовые значения перемещений элементов строительных конструкций из базы данных автоматизированной системы мониторинга с последующей визуализацией расчетной схемы контролируемого объекта. При возникновении в конструкциях контролируемых объектов недопустимых перемещений предусмотрено предупреждение пользователей об этих отклонениях и степени их опасности (рис. 2).

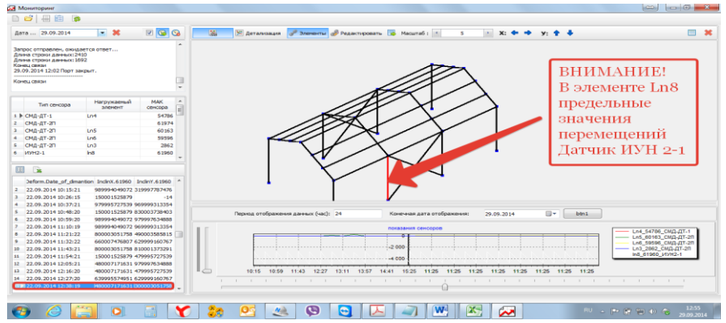


Рис. 2. Вид интерфейса программы при приближении к предельным фактическим числовым значениям, полученным от датчиков

Работоспособность программы подтверждена при проведении испытаний полунатурной модели производственного здания с использованием «Гидростенда», уникальность которого заключается в возможности испытывать крупногабаритные объекты в натуральную величину или модели больших размеров (4,5х8,5х3,0 м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка нормативно-технической документации по созданию центра мониторинга, технического обследования инженерных сооружений, испытаний материалов и конструкций : отчет о НИР (заключ.) / Калининград. гос. техн. ун-т, 2014.

УДК 69.059

МЕХАНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: МОНИТОРИНГ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. А. ПИМЕНОВ, П. В. ХРЯНИН
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Калининград, Россия

Общие требования обеспечения безопасности зданий и сооружений предусматривают требование обеспечения механической безопасности при их эксплуатации, установленные в статье 36 ФЗ РФ. В перечень мероприятий включен мониторинг состояния основания, строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения. Мониторинг, как средство обеспечения механической безопасности, в настоящее время, как правило, проводится на добровольной основе.

Происходящие аварии, в том числе и с гибелью людей, остро ставят вопрос проведения постоянного мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений с массовым пребыванием людей. К таким зданиям относятся торговые центры, супермаркеты, несущие каркасы которых выполнены из стальных конструкций. На рис. 1 отображен один из случаев разрыва нижнего пояса стропильной фермы одного из таких зданий.

Рис. 1. Разрыв нижнего пояса стропильной фермы

Проведенное обследование показало, что разрыв квадратного профиля произошел в результате превышения снеговой нагрузки принятого расчетного значения. Предотвращение таких аварий возможно при использовании системы эксплуатационного контроля. Эксплуатационный контроль является важнейшей составляющей обеспечения механической безопасности строительных объектов. Постоянная система мониторинга несущих строительных конструкций, как эффективный инструмент контроля, может закладываться в проект во время проектирования.

бра опрокидывания [1, 2]. За опрокидывающий момент принимают момент, создаваемый весом груза. Удерживающий момент создается весом крана. Коэффициент запаса грузовой устойчивости, рассчитанный с учетом дополнительных нагрузок от действия давления ветра, сил инерции при пуске или торможении механизмов крана, влияния максимально допустимого при работе крана уклона, уменьшающих удерживающий момент, должен быть не менее 1,15. Коэффициент запаса грузовой устойчивости, определенный без учета уклона крана, давления ветра и сил инерции, должен быть не менее 1,4.

Так как удерживающий момент создается весом крана, состоящего из неповоротной и поворотной части, то при работе крана положение его общего центра тяжести в плане изменяется. Положение центра тяжести неповоротной части остается неизменным. Центр тяжести поворотной части описывает окружность, центр которой совпадает с осью вращения. Установлено, что общий центр тяжести крана при этом так же описывает окружность, радиус которой зависит от соотношения сил тяжести неповоротной и поворотной частей крана. Центр этой окружности располагается между центром тяжести неповоротной части крана и осью вращения поворотной части и на прямой, соединяющей эти точки. Стреловые краны оборудуются четырьмя выносными опорами, образующими опорный контур в виде прямоугольника. Опишем вокруг вышеуказанной окружности прямоугольник с расположением его сторон параллельно и перпендикулярно продольной оси крана. При этом расстояние от окружности до соответствующей стороны прямоугольника устанавливается с учетом обеспечения нормированного коэффициента запаса устойчивости не менее 1,4. Это значительно упрощает определение необходимых размеров опорного контура и координат его расположения по отношению к оси вращения поворотной части в зависимости от заданной грузовой характеристики крана или, наоборот, по известным размерам опорного контура построение грузовой характеристики крана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов металлических конструкций : справочник по кранам в 2 т. / Под общ. ред. М. М. Гохберга. – М. : Машиностроение, 1988. – Т. 1. – 536 с.

2. **Вайнсон, А. А.** Подъемно-транспортные машины : учебник для вузов / А. А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 536 с.

УДК 621.9

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКОЙ ЛЕСНЫХ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ БРИГАД С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОНЫХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

М. Т. НАСКОВЕЦ, Н. В. ХОРОШУН
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Государственные лесохозяйственные учреждения Республики Беларусь взяли курс на ведение интенсивного лесного хозяйства. Решение поставленной задачи возможно только когда сформирована качественная дорожная сеть и ведутся планомерное строительство, эксплуатация и ремонт дорожно-транспортной инфраструктуры, позволяющей осуществить доступ к любому участку лесного фонда.

При правильной организации работ по эксплуатации и обслуживанию лесными ремонтными бригадами дороги не вызывают проблем с их ремонтом и содержанием. Вместе с тем, лесхозы отрасли не всегда соблюдают регламент по содержанию дорог, в результате чего на дорогах появляются различенного рода разрушения, как дорожного полотна, так и конструкций элементов дороги.

На рис. 1. представлены виды выявленных наиболее часто встречающихся разрушений лесохозяйственных дорог и их количество.

Рис. 1. Виды и количество разрушений лесохозяйственных дорог

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что при ремонте и содержании лесных дорог необходимо выполнять следующие основные виды технологических операций:

– подсыпка грунта или ПГС;

– грейдирование дорожного полотна;

процессе движения по дороге с грунтовым покрытием транспортных средств, относительно неглубоких колей на уровне прохождения колесопроводов. После чего часть грунта из межколейного пространства перемещают в колеи и производят его уплотнение до придания каждой колее дугообразного очертания, соответствующего линиям равных сжимающих напряжений (изобарам). В случае использования в основании слабо уплотняемых грунтов, по контуру образованного поперечного сечения основания укладывают геотекстильный материал, поверх которого производят отсыпку и уплотнение слоя покрытия [3].

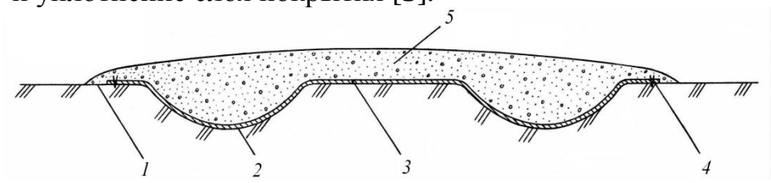


Рис. 2. Вариант конструкции однополосной дороги: 1 – грунт основания; 2 – колеи в виде изобар (линий равных напряжений); 3 – межколейный промежуток; 4 – геотекстильный материал; 5 – покрытие

Использование второго варианта (рис. 3) способа устройства дорожных конструкций, учитывающего распределение подвижной нагрузки по их глубине по линиям равных напряжений (изобарам), в своем большинстве будет востребовано при строительстве и ремонте лесных дорог с покрытиями колейного типа, при образовании достаточно глубоких колей.

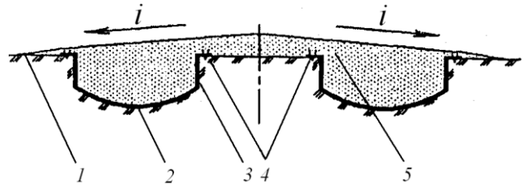


Рис. 3. Вариант конструкции дорожной одежды колейного типа: 1 – грунт основания; 2 – колеи; 3 – нетканый синтетический материал; 4 – вертикальные связи; 5 – слой покрытия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Насковец, М. Т**. Транспортное освоение лесов Беларуси и компоненты лесотранспорта / М. Т. Насковец. – Минск : БГТУ, 2010. – 178 с.

2. **Вырко, Н. П.** Сухопутный транспорт леса / Н. П. Вырко. – Минск : Высш. шк.,1987. – 437с.

УДК 630*383+630*37

УЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

М. Т. НАСКОВЕЦ, Н. И. ЖАРКОВ, М. Н. ДИНИ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Одним из важнейших направлений повышения эффективности работы тяжеловесных лесовозных автопоездов на вывозке древесины при транспортном освоении лесов является решение вопроса стабилизации работы дорожных конструкций в процессе воздействия на них подвижной нагрузки [1].

При оценке взаимовлияния автомобиля и дороги немаловажными факторами являются: структура конструктивных слоев то, в какой стадии они работают под нагрузкой (рис. 1), и каким образом передаются по глубине слоистой системы напряжения возникающие под колесами автомобиля [2].

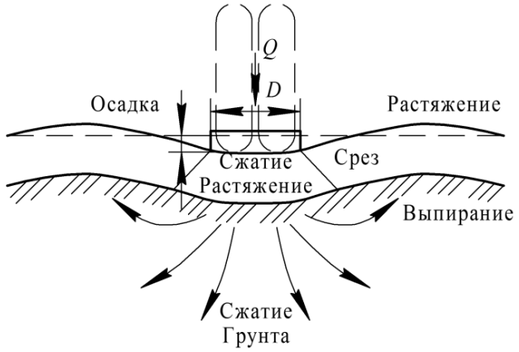


Рис. 1. Деформация нежесткой дорожной одежды под действием нагрузки

К разряду новых технических решений повышающих работоспособность дорожных конструкций можно отнести способ строительства, при котором колеи полос движения предлагается выполнять с учетом распределения колесной нагрузки по глубине, в соответствии с разработанной концепцией изменения напряжений в грунте по закономерностям линий равных напряжений.

При строительстве лесных автомобильных дорог наиболее рациональными являются следующие два варианта разработанного способа устройства дорожных одежд колейного типа.

Согласно первому варианту (рис. 2), технологический процесс устройства дорожной одежды включает выполнение в грунте основания, в

– профилирование дорожного полотна;
– скашивание травы;
– удаление древесно-кустарниковой растительности;
– обкашивание полос отвода, кюветов и пр.

Для выполнения вышеуказанных технологических операций при эксплуатации лесных дорог требуется соответствующий комплекс дорожно-строительной техники и оборудования.

В настоящее время в лесхозах отрасли для подвозки грунта применяются автосамосвалы марки МАЗ и погрузчики АМКОДОР 332С4 и АМКОДОР 342С4. Разравнивание и профилирование привозного грунта осуществляется бульдозером или автогрейдером. Финальной операцией производится уплотнение проезжей части катками.

При проведении ямочного ремонта требуется подвозка ПГС для чего следует использовать погрузчики универсальные или погрузчики фронтальные. При устранении поверхностных деформаций в виде выбоин и небольших просадок на покрытии выполняются следующие операции:
– разметку мест восстановления;
– рыхление покрытия;
– разравнивание;
– уплотнение.

Рыхление покрытия производят автогрейдером с рыхлителем на глубину повреждений. При наличии на покрытии локальных разрушений в виде выбоин в данном месте производят замену материала. В Республике Беларусь для выполнений данной операции производятся автогрейдер Амкодор АМКОДОР RD-165С. Колеи и небольшие гребни, образующиеся под воздействием движения транспортных средств, устраняют при помощи тяжелых катков, предварительно увлажнив покрытие. Для этих подходит каток вибрационный самоходный АМКОДОР 6811.

Очистка разделительной полосы, обочин, откосов, полосы отвода и элементов системы водоотвода от нежелательной растительности может быть произведена химическим и механическим способами. Для осуществления обработок нежелательной растительности гербицидами используют опрыскиватели как механизированные так и ручные. Срезание нежелательной растительности производится косилками различного типа, например АМКОДОР К-78М, а также кусторезами и бензомоторными пилами.

Таким образом, на основании проведенного анализа применяемой в отрасли техники, можно сделать вывод, что имеется многообразие технических средств необходимых для выполнения ремонтных работ на лесных дорогах и их содержания. Вместе с тем встает задача по обоснованию создания в лесхозах лесных ремонтно-строительных бригад и их рациональному комплектованию дорожной техникой и оборудованием.

УДК 629.113

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА МАЗ-5516W4

С. Н. ПИЩОВ, С. П. МОХОВ, С. А. ГОЛЯКЕВИЧ, С. Е. АРИКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Устойчивость и проходимость являются одними из важнейших эксплуатационных свойств автомобилей-самосвалов, от которых во многом зависит безопасность эксплуатации при выполнении транспортных и разгрузочных операций.

Объектом экспериментальных исследований являлся автомобиль-самосвал МАЗ-5516W4 с колесной формулой 6Х4 с технически допустимой общей массой 25 тонн для преимущественного использования в сельском и лесном хозяйстве. Исследования выполнены на аттестованном в установленном порядке оборудовании, стендах и приборах. Для определения показателей устойчивости автомобиля-самосвала использовался стенд СУ-40, состоящий из наклонной платформы и механизма управления с гидравлическим приводом. Опорная поверхность стенда имела возможность поворота вокруг собственной продольной оси. Платформа была дополнительно оснащена страховочными приспособлениями в виде цепей и упоров, которые предотвращали опрокидывание автомобиля-самосвала и скольжение его шин в поперечном направлении. Для измерения реакций под колесами автомобиля-самосвала применялись тензометрические датчики вертикальных нагрузок УД-1.

Регистрация измеряемых параметров осуществлялась измерительной аппаратурой в составе многофункционального измерительного комплекса «Spider 8». Угол наклона опорной поверхности определялся при помощи угломера, установленного непосредственно на опорной платформе.

В процессе проведения экспериментальных исследований регистрировались: реакции под всеми колесами автомобиля-самосвала со снаряженной и полной массами; реакции под колесами переднего, среднего и заднего мостов автомобиля-самосвала при изменении угла наклона опорной платформы стенда. Также были определены значения переднего и заднего свесов, углы въезда и съезда, угол продольной проходимости, дорожный просвет. При проведении экспериментальных исследований соблюдались требования техники безопасности в соответствии с паспортом и руководством по эксплуатации соответствующего измерительного оборудования и стендов.

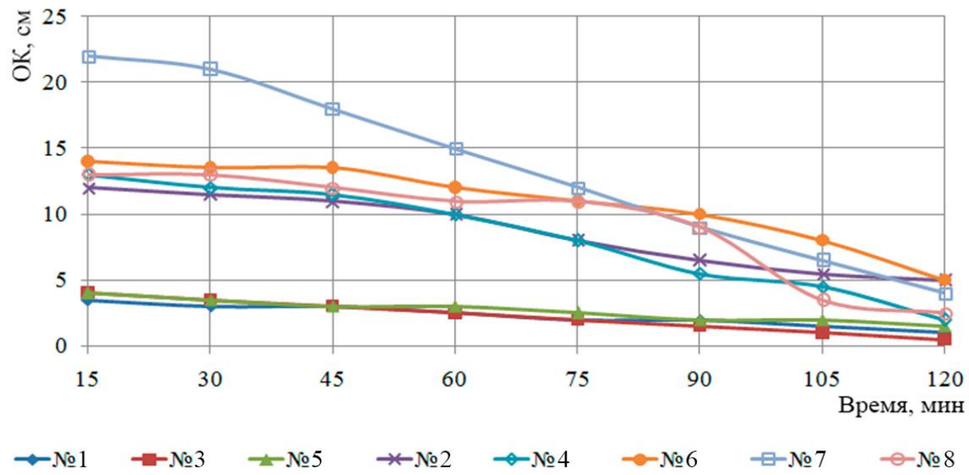


Рис. 1. Изменение формуемости бетонных смесей (ОК, см) за период (в мин) от момента приготовления при температуре наружного воздуха $t_{нв}$ = 5…8 ºС

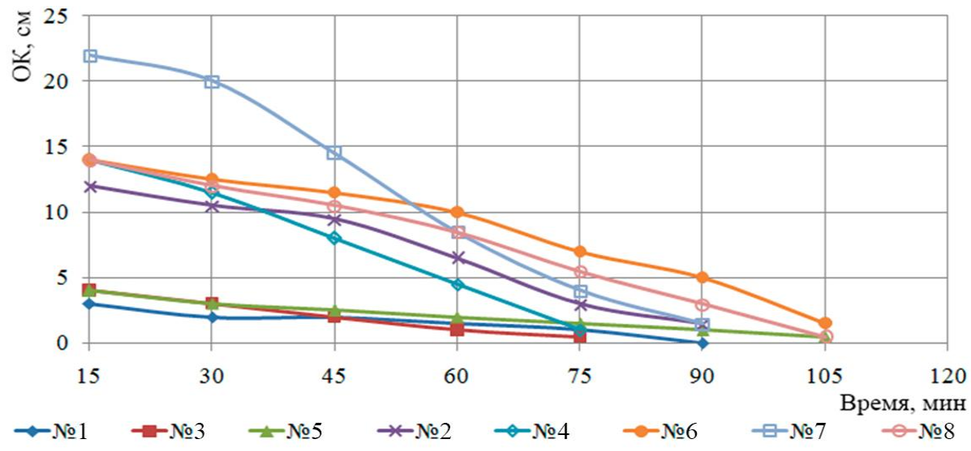


Рис. 2. Изменение формуемости бетонных смесей (ОК, см) за период (в мин) от момента приготовления при температуре наружного воздуха $t_{нв}$ = 25…30 ºС

Обобщая данные приведенных графиков приходим к выводу, что с введением в бетон комплексной добавки 1 % «УКД-1» от МЦ период сохраняемости формовочных свойств зависит от температуры смеси и окружающей среды и составляет для низкопластичных смесей период до 120…90 мин при температуре 5…30 ºС соответственно; для пластичных бетонных смесей – до 90 мин для $t_{нв}$ ~ (5…8) ºС и до 60 мин для $t_{нв}$ ~ (25…30) ºС. Сохраняемость свойств литой бетонной смеси, полученной с применением добавки «УКД-1», в пределах марки П5 сохраняется до 30 мин при $t_{нв}$ ~ (5…15) ºС и 15… 20 мин при $t_{нв}$ ~ (20…30) ºС.

УДК 691.32

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ «УКД-1» НА СОХРАНЯЕМОСТЬ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ, Д. А. РАБЫКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Развитие в Беларуси производства структурированных углеродных наноматериалов (УНМ), а также накопленные данные об эффективности их применения в цементном бетоне поставили на повестку дня необходимость их практического использования. Одним из направлений применения УНМ явилось введение их в состав комплексной химической добавки в бетон с целью усиления действия ускоряющего его твердение компонента.

В табл. 1 приведены исходные данные по составам и свойствам бетонных смесей, которые использовались в исследованиях.

Табл. 1. Характеристики бетонных смесей и бетона

№ п/п	Класс бетона	Формуемость бетонной смеси «ОК», см	Марка цемента	Расход составляющих (кг) на 1 м^3 бетона:				Средняя плотность, кг/м^3	Водоцементное отношение бетона
				Ц	П	Щ	В		
А. Составы без добавок:									
1	$C^{12}/_{15}$	3…4	М400	275	765	1200	160	2400	0,58
2	$C^{25}/_{30}$	12…14	М500	465	590	1090	208	2350	0,45
Б. Составы с добавкой 1 % СН от МЦ									
3	$C^{12}/_{15}$	3…4	М400	270	738	1230	147	2380	0,56
4	$C^{25}/_{30}$	12…14	М500	442	625	1100	195	2360	0,44
В. Составы с добавкой 1% «УКД–1» от МЦ									
5	$C^{12}/_{15}$	3…4	М400	247	785	1250	130	2415	0,52
6	$C^{12}/_{15}$	12…14	М400	340	755	1150	163	2380	0,48
7	$C^{25}/_{30}$	21…23	М500	420	720	1065	175	2380	0,41
8	$C^{32}/_{40}$	12…14	М500	400	695	1150	156	2405	0,39

В экспериментах принят диапазон температуры бетонной смеси тяжелого конструкционного бетона от 5 до 30 ºС, как наиболее характерный для климатической зоны Беларуси при круглогодичном ведении работ, включая требования к температуре смесей ТКП 45-5.03-21-2006 для зимнего периода работ.

На рис. 1 и 2 приведены данные об изменении формуемости бетонной смеси под влиянием температуры наружного воздуха ($t_{нв}$), подтверждающие прямую зависимость ухудшения формуемости бетонной смеси и с добавками, и без них, с повышением температуры смеси и окружающей среды.

Проведенные экспериментальные исследования продольной и поперечной устойчивости позволили определить углы опрокидывания и сползания опытного образца автомобиля-самосвала МАЗ-5516W4 при выполнении транспортных и разгрузочных операций. Для оценки показателей устойчивости определены реакции под колесами переднего среднего и заднего мостов опытного образца автомобиля-самосвала при наклоне платформы стенда на угол до 30 градусов в продольной и поперечной плоскости. Опрокидывания автомобиля-самосвала не наблюдалось. Значения коэффициентов запаса по опрокидыванию составили 0,3–0,6 при максимальном наклоне автомобиля-самосвала, что позволило сделать вывод о хорошей устойчивости машины против опрокидывания.

При эксплуатации в тяжелых дорожных условиях сельского и лесного хозяйства определяющими являются тягово-сцепные свойства и проходимость автомобиля-самосвала. Для определения максимальных углов, которые сможет преодолеть автомобиль-самосвал в тяжелых дорожных условиях, по результатам экспериментальных исследований определены силы сопротивления движению, силы сцепления, коэффициент запаса по проходимости в зависимости от угла наклона опорной поверхности и характеристики дорожных условий. Силы сопротивления движению и сцепления были определены с помощью тягового тензозвена.

По результатам экспериментальных исследований определены силы сопротивления движению и сцепления с учетом угла наклона автомобиля-самосвала в продольной плоскости и заданных дорожных условий, что позволило установить режимы эксплуатации в заданных условиях движения при различных значениях угла наклона опорной поверхности движения. Результаты получены для автомобиля-самосвала со снаряженной и полной массами при движении передним и задним ходом.

Максимальный продольный уклон при движении по грунтовой дороге, который сможет преодолеть автомобиль-самосвал с колесной формулой 6Х4, составил 15–20 градусов. Для повышения показателей тягово-сцепных свойств и проходимости необходимо в полном объеме использовать сцепной вес автомобиля-самосвала, что может быть достигнуто применением полного привода.

Значительный объем экспериментальных исследований был выполнен для оценки показателей устойчивости автомобиля-самосвала при выполнении разгрузочных операций. Анализ полученных результатов позволил определить максимальные углы уклона опорной поверхности, на которых необходимо производить разгрузку сыпучих материалов без потери устойчивости.

Разработанные методики оценки устойчивости и проходимости в различных условиях эксплуатации могут быть применены для других видов автомобильной техники и различных условий движения.

УДК 630*31:504.61:62

ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ ФОРВАРДЕРОВ

П. А. ПРОТАС, С. Н. ПИЩОВ, И. В. ШПАК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

На трелевке и подвозке сортиментов в Республике Беларусь применяют колесные погрузочно-транспортные машины (форвардеры), которые для эффективной работы на грунтах с низкой несущей способностью должны иметь хорошую проходимость. При этом в большей степени акцент делается на опорную проходимость, которую характеризуют сила сопротивления движению и суммарная сила тяги, т. к. они определяют возможность движения машины в заданных условиях [1].

Потеря опорной проходимости может произойти в результате ухудшения опорных свойств, которые характеризуются давлением движителей на грунт и величиной деформации грунта, а также вследствие недостаточных тягово-сцепных свойств машины [2].

Учитывая значительные величины удельных давлений колесных движителей форвардеров на грунт – до 80–120 кПа (40–70 кПа по скандинавской методике) они недостаточно эффективны по показателям проходимости на грунтах с низкой несущей способностью.

С целью повышения тягово-сцепных свойств и показателей проходимости на колесные движители форвардеров монтируют легкосъемные гусеницы (рис. 1), что позволяет получить главное преимущество – увеличение площади контакта машины с опорной поверхностью и, как следствие, уменьшение удельного давления на грунт (в 1,8–2,5 раза).

Гусеница, монтируемая на колеса балансирных тележек или на отдельное колесо (моногусеница) состоит из плиц (траков), соединенных между собой с помощью соединительных элементов.

Рис. 1. Легкосъемная металлическая гусеница на колесах форвардера

должно обеспечивать заданный темп и ритм выполнения дорожных работ. При проведении работ по ремонту асфальтобетонного дорожного покрытия на определенных этапах производства работ происходят технологические перерывы, которые кроме технологической необходимости, возникают из-за не совершенства организации работ машин в комплекте. Простои возникают при загрузке приемного бункера асфальтоукладчика свежей асфальтобетонной смесью, выгружаемой из кузовов автосамосвалов. Продолжительность простоев зависит от времени разгрузки и соотношения объемов приемного бункера и кузова. Снижение простоев, а, следовательно, увеличение полезного внутрисменного времени работы асфальтоукладчика, возможно при использовании современных машин, одной из которых является перегружатель асфальтобетонной смеси. Данная машина имеет приемный бункер с размером соответствующим объему приемного бункера асфальтоукладчика, а также оснащена механизмами транспортирования материала.

При доукомплектовании базового комплекта машин техникой такого вида движение асфальтобетонной смеси в системе автосамосвал-асфальтоукладчик будет происходить через новое технологическое звено – перегружатель. Технологическая операция автосамосвал-перегружатель является обособленной от выполнения основного технологического процесса. Конструкция перегружателя спроектирована таким образом, чтобы обеспечивать не только поддержание необходимой температуры материала, но и устранять или значительно уменьшать процессы температурной сегрегации асфальтобетонной смеси, возникающие при транспортировке. По данным зарубежных ученых благодаря использованию перегружателя в комплекте машин для восстановления работоспособности асфальтобетонного дорожного покрытия срок службы покрытия повышается в 1,5…2, раза при прежнем расходе материалов [1].

В настоящее время серийным выпуском перегружателей занимаются в основном американские и западноевропейские производители, модели и модификации которых имеют различные технико-экономические показатели. Определение значений важнейших из них позволит определить какую машину данного типа необходимо включить в базовый комплект машин, с точки зрения минимальных затрат на приобретение и дальнейшую эксплуатацию, при оптимальной производительности комплекта СДМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Stroup-Gardiner, M. A.** Segregation in Hot-Mix Asphalt Pavements. NCHRP Report 441 / M. A. Stroup-Gardiner, E. R. Brown. – Washington D.C. : Transportation Research Board, 2000. – 104 p.

УДК 625.8

ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ МАШИН ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОМПЛЕКТАХ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, Д. В. МАРТИНОВИЧ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ИНСТИТУТ МВД Республики Беларусь»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В процессе эксплуатации, под влиянием динамических нагрузок от перемещающихся транспортных средств, а также агрессивного воздействия метеорологических факторов окружающей среды на автомобильных дорогах возникают дефекты, которые влияют на качество осуществления автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения. Поэтому процесс восстановления работоспособности автомобильных дорог является важным, а своевременность проведения ремонтных мероприятий должна строго соответствовать планам.

В настоящее время в мировой практике существует множество различных технологий проведения ремонтных работ на автомобильных дорогах, которые реализуются для различных конструктивных элементов сооружения с учетом интенсивности движения автомобильного транспорта, погодно-климатической зоны расположения дороги, ее габаритных параметров и т. д. Каждая технология реализуется соответствующим комплектом, включающим строительно-дорожные машины (СДМ) и транспортные средства.

С точки зрения комплексной механизации процесса восстановления работоспособности отдельных элементов автомобильных дорог, формируются базовые комплекты машин, которые в последующем доукомплектовываются соответствующей техникой, позволяющей реализовывать технологические особенности используемого метода ремонта. Наиболее интенсивному износу в процессе эксплуатации автомобильных дорог подвержено дорожное покрытие. На автомобильных дорогах нашей страны самыми распространенными остаются покрытия, созданные на основе асфальтобетонных материалов.

Для проведения ремонтных мероприятий при восстановлении работоспособности асфальтобетонного дорожного покрытия предприятиями и организациями дорожной отрасли нашей страны формируются базовые комплекты машин на основе ведущей машины – асфальтоукладчика и комплектующей техники, включающей дорожные фрезы, катки различных типов и автосамосвалы. Каждая из машин комплекта выполняет свою технологическую операцию, причем общее количество машин в комплекте

Поперечное сечение плиц бывает различной формы и геометрических размеров в зависимости от типа почвогрунтов, на которых планируется эксплуатация машины. На внешнюю поверхность плиц при необходимости навариваются грунтозацепы. Основными геометрическими параметрами гусениц являются размеры плиц, расстояние между их центрами, высота и количество грунтозацепов. На рис. 2 представлены некоторые формы поперечного сечения плиц гусениц.

Рис. 2. Формы поперечного сечения плиц гусениц

Производители выпускают гусеницы с различным шагом, который должен согласовываться с расстоянием между выступами протектора шины. Выпускаются гусеницы с шагом 165, 190, 200, 205, 210, 225 мм. Ширина плицы составляет 50–125 мм. Важным показателем является отношение ширины плицы к шагу, которое для зарубежных гусениц колеблется в пределах 0,25–0,78. По данному показателю производится подбор гусениц в зависимости от почвенно-грунтовых условий, при которых планируется эксплуатация форвардера. Для освоения труднодоступного лесосечного фонда, расположенного на почвогрунтах с низкой несущей способностью, рекомендуется применять гусеницы с отношением 0,6–0,7.

Средний срок эксплуатации гусениц 4000–6000 часов. При этом интенсивность износа выше на более тяжелых машинах, в сложных условиях эксплуатации, при движении с более высокими скоростями.

На грунтах с низкой несущей способностью форвардер с легкосъемными гусеницами развивает касательную силу тяги на 20–26 % выше, а коэффициент сцепления возрастает на 16–22 % по сравнению с колесным движителем при прочих равных условиях.

Одними из ведущих производителей гусениц являются фирмы «Olofsfors» и «Clark», которые выпускают гусеницы для различных условий эксплуатации. Для Беларуси наиболее целесообразны гусеницы фирмы «Olofsfors» (PRO-Track, Combi-Track, ECO-Track, ECO-Baltic, моногусеница ECO-Wheel), а также гусеницы TERRAlite фирмы «Clark».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жуков, А. В.** Теория лесных машин: учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Жуков. – Минск : БГТУ, 2001. – 640 с.

2. **Голякевич, С. А.** Основы проектирования лесных машин и системы автоматизированного проектирования: учеб.-метод. пособие в 2 ч. / С. А. Голякевич, А. Р. Гороновский. – Минск : БГТУ, 2015. – Ч. 1. – 140 с.

УДК 625.08

УПРАВЛЯЕМЫЙ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЬ

В. И. СЕМЧЕН, С. Б. ПАРТНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Наибольшее распространение в настоящее время получил вибрационный способ воздействия при уплотнения дорожно-строительных материалов. Практика использования вибрационных машин показывает, что эффективность уплотняющей техники зависит от режима ее работы.

Обеспечение оптимального режима работы вибрационных уплотняющих машин на разных стадиях технологического процесса уплотнения может быть достигнуто путем введения в конструкцию вибровозбудителя с изменяемыми в процессе работы параметрами.

Для реализации поставленной цели предлагается конструкция вибровозбудителя (рис. 1), который позволит прикладывать к уплотняемому материалу воздействия с различными амплитудно-частотными характеристиками зависимости от физико-механических свойств уплотняемой среды и требуемого результата уплотнения.

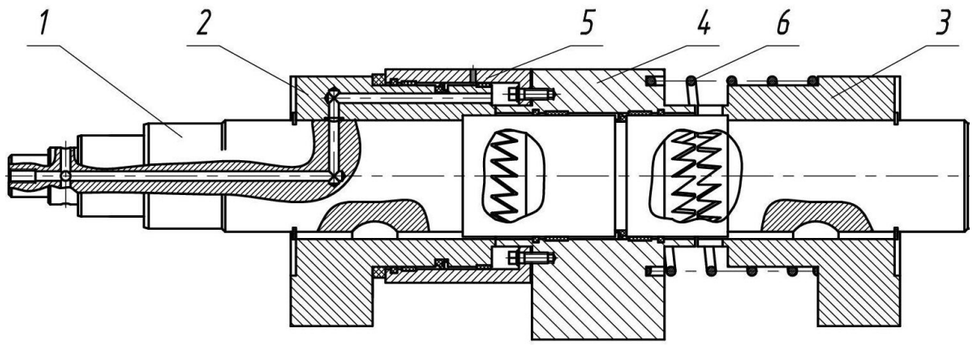


Рис. 1. Система управления колебаниями

Конструкция включает два неподвижных дебаланса 2 и 3, один подвижный дебаланс 4, совершающий возвратно-поступательное движение вдоль оси вала 1, результатом которого является поворот этого дебаланса.

Конструкция вибровозбудителя предусматривает наличие у вала каналов для прохождения воздуха к пневмокамере 5, подвижного дебаланса 4, а так же системы подачи сжатого воздуха к валу при его вращении.

технологическую цепочку укладки асфальтобетонной смеси вводится еще одно дополнительное звено.

Автосамосвал, подойдя к перегружателю, выгружает асфальтобетонную смесь в приемный бункер, откуда шнеком она подается к пластинам конвейера. По конвейеру, материал направляется в промежуточный бункер. Далее промежуточным и разгрузочным конвейерами асфальтобетонная смесь подается в бункер асфальтоукладчика. Эта технология производит дополнительное перемешивание горячей асфальтобетонной смеси перед подачей в асфальтоукладчик, тем самым решая проблему температурного и фракционного расслоения. Перегружатель обеспечивает непрерывный процесс укладки и исключает контакт автосамосвала с асфальтоукладчиком. При контакте под плитой возникает сдвиг и образуется область с иной, чем у остального покрытия, плотностью и возможно неровностью. Впоследствии по границе областей с разной плотностью неизбежно появится поперечная трещина.

Кроме того, перегружатель позволяет работать на ограниченных участках: под линиями электропередач, в тоннелях, под мостовыми сооружениями, у бордюров на поворотах, а благодаря своему поворотному конвейеру в обе стороны, он может осуществлять загрузку сразу двух асфальтоукладчиков с соседней полосы через какие-либо препятствия.

Поскольку перегружатель создает запас смеси, то нет необходимости использовать для ее хранения автосамосвалы. Вследствие этого уменьшается число требуемых автосамосвалов и расходы на укладку 1 т смеси снижаются. Повышается производительность асфальтоукладчика. Но главное – улучшается ровность покрытия, повышается его прочность и уменьшаются последующие расходы на ремонт.

С каждым годом требования к качеству выполненных работ увеличиваются и поэтому использование новейшей технологии устройства асфальтобетонного покрытия с применением антисегрегационного перегружателя будет только возрастать, т. к. эта технология повышает качество выполняемых работ и, следовательно, повышает срок эксплуатации автомобильных дорог.

УДК 625.8

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОДОРОГ

*Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, С. Н. БЕРЕЗОВСКИЙ, Д. В. МАРТИНОВИЧ
Учреждение образования
*«МОГИЛЕВСКИЙ ИНСТИТУТ МВД Республики Беларусь»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Постоянный рост автотранспортных средств и высокая интенсивность дорожного движения во всем мире предъявляют все более жесткие требования к качеству асфальтобетонных покрытий. Асфальтобетонная смесь является одним из самых распространенных материалов для устройства покрытий проезжей части автомобильной дороги. Для обеспечения качественного асфальтобетонного покрытия необходимо, прежде всего, обеспечить однородность гранулометрического состава и температуры укладываемой смеси.

Одним из основных факторов разрушения дорожного покрытия является температурная и фракционная сегрегация материала. Данное явление происходит при транспортировке горячей асфальтобетонной смеси от АБЗ до строительной площадки. В процессе транспортировки происходит остывание смеси в местах её контакта с кузовом автосамосвала, а также на поверхности.

При выгрузке остывшая масса от заднего борта первой падает в бункер асфальтоукладчика, а затем – основная горячая масса и в конце опять остывшая масса от боковых и переднего бортов автосамосвала. При выгрузке следующего автосамосвала процесс повторяется. Остывшая асфальтобетонная смесь целиком попадает под уплотнительные агрегаты асфальтоукладчика, которые уже не могут уплотнить их в той же степени, как остальную горячую смесь. На покрытии, примерно через равные промежутки, образуются остывшие участки асфальтобетонной смеси, сохранившие рыхлую структуру, в полости которой проникает вода, и тогда при многократном замерзании-оттаивании покрытие разрушается.

Помимо этого происходит осаждение тяжелых фракций смеси на дне кузова автосамосвала. В конечном итоге, сегрегация приводит к неравномерности укладки асфальтобетонной смеси и далее к разрушению дорожного покрытия, которое происходит еще быстрее в условиях интенсивного движения автотранспорта и перепадов температуры воздуха.

Для решения проблемы температурной и фракционной сегрегации разработана технология перемещения асфальтобетонной смеси из автосамосвала в бункер асфальтоукладчика при помощи перегружателя, т. е. в

Перемещение подвижного дебаланса производится пневмоприводом с пружинным возвратом, а поворот на необходимый угол и фиксация в нужном положении будет производиться за счет использования пар зубчатых венцов, при этом зубцы смещены друг относительно друга на 15 градусов.

Работа механизма производится в следующем порядке, машинист кратковременно нажимает кнопку управления реле электромагнитом пневмораспредилителя золотник распределителя перемещается и давление подается в пневмокамеру, вал служит направляющей вдоль которой перемещается подвижный дебаланс, при подаче воздуха в управляющую полость, преодолевается сопротивление возвратной пружины 6 и дебаланс сдвигается вдоль оси вала по наклонной плоскости зуба поворачиваясь и выходя из зацепления с левой стороны и одновременно заходя в паз между зубьями с правой стороны, при полном ходе дебаланса левое зацепление полностью размыкается, в этот момент дебаланс повернут на 15 градусов относительно исходного состояния. Конструкцией предусмотрено перекрытие момента зацепления, когда есть контакт сразу с двумя зубчатыми венцами, что предотвращает проворачивание дебаланса под действием силы инерции действующей при вращении вибровала. В момент когда дебаланс достиг крайнего правого положения рабочая полость пневмокамеры соединяется с атмосферой происходит падение давления и срабатывает реле давления, установленное в напорной пневмомагистрали управляющее электромагнитом пневмораспределителя, который при получении управляющего сигнала соединяет пневмокамеру с атмосферой. Когда давление в пневмокамере начинает снижаться дебаланс под действием пружины начинает возврат в исходное состояние в обратном порядке, и поворачивается еще на 15 градусов. При необходимости поворота на больший угол воздух подается несколько раз подряд.

Описанное выше конструктивное решение обеспечивает ступенчатое изменение параметров колебаний вибровозбудителя сообразно изменению физико-механических свойств уплотняемого материала, что существенно увеличивает качество уплотнения.

Областью применения предлагаемой конструкции являются как мобильные уплотняющие машины, так и оборудования для производства строительных материалов.

Предлагаемая система позволяет выбрать оптимальные настройки вибровозбудителя в зависимости от условий проведения работ по уплотнению и постоянно изменяющихся физико-механических свойств уплотняемого материала в процессе уплотнения без остановки машины.

УДК 630

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

В. А. СИМАНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, В. А. БОБРОВИЧ,
С. Э. БОБРОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Уровень машинизации работ в лесной отрасли Республики Беларусь на конец 2016 г. должен составить 50 % на таких трудоемких операциях лесозаготовительного процесса как валка, обрезка сучьев, трелевка древесины. Указанные операции осуществляются непосредственно на лесосеке и порядок их выполнения продиктован технологическим процессом под который подбирается система механизмов и машин.

В последние годы лесозаготовительная отрасль достигла значительных успехов в своем развитии в большей степени за счет применения машин на колесном шасси. Пути совершенствования колесных лесных машин связаны по двум направлениям. Одним из них является создание базовых машин с высокими технико-эксплуатационными показателями в области надежности, эргономики, приспособленности и совместимости по экологическим требованиям в работе. Второе направление связано с созданием модульного навесного и прицепного технологического оборудования, выполняющего различные операции и приспособленного к агрегатированию на базе колесного транспортного средства. Предложения по созданию колесных машин по техническим и эксплуатационным показателям близких к зарубежным аналогам, является важнейшей задачей настоящего периода. Производственная база наших передовых предприятий обладает достаточным потенциалом по созданию единичных образцов техники. Путь постановки и массового выпуска их в серийное производство является долгим по причине организационно-технических и финансовых трудностей. Последний факт связан с инвестиционными вложениями в предприятия отрасли. Ускорить процесс внедрения новой техники возможно при большом многообразии предложений, связанных в первую очередь с исследованием эксплуатационной надежности узлов – модулей и их агрегатов. Ускоренные испытания колесных лесных машин исследовательской и эксплуатационной направленности позволят сократить в 1,7–2,2 раза временные сроки по серийному запуску машин в производство.

УДК 691.32

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫХ ТРУБ

И. А. ЛЕОНОВИЧ, А. А. АЛЕКСАНДРИКОВ, В. В. ТИТОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Эффективность применения трубопроводов с предварительно изолированными пенополиуретаном (ППУ) элементами с гидрозащитной оболочкой напрямую связана с обеспечением заявленной долговечности от 30 до 50 лет (в зависимости от производителя). На практике долговечность предварительно изолированных труб часто оказывается ниже ожидаемой. В нашей работе под долговечностью трубопровода взят срок его безремонтной эксплуатации без учета возможного снижения энергоэффективности. Основной причиной выхода из строя трубопровода является его разгерметизация из-за недостаточного качества самих труб и сопутствующей фурнитуры (предприятие-производитель), недостаточного качества проводимых работ по прокладке теплотрасс (строительно-подрядные организации) и завершение его несущей способности из-за большого срока эксплуатации. Выявлены и систематизированы в виде вершинного графа основные факторы, нарушающие герметичность трубопровода, произведена оценка влияния комплекса существующих факторов с точки зрения структурного анализа.

Для систематизации факторов применен принцип декомпозиции сложной системы по уровню ее внутреннего состояния. В первый уровень вошли обобщающие причины разгерметизации трубопровода (У): коррозия стальной трубы, раскрытие сварных стыков, трещины по основному материалу трубы. Второй уровень составили детализированные факторы: отслоение теплоизоляции, продавливание гидрозащитной оболочки, возникновение в материале блуждающих токов, намокание изоляции при монтаже, неплотное прилегание соединительных муфт, загрязнение внутренней поверхности трубы перед сборкой, термическая усталость стальной трубы, химическая реактивность теплоносителя, плохое качество сварных швов, ударные нагрузки при транспортировке, монтаже и эксплуатации; деформация поперечного сечения трубы (смятие торцов); эксплуатационные напряжения и деформации; продольный изгиб трубы. На нижнем уровне определено 4 фактора, определяющих качество тепловой сети, и в конечном счете, ее долговечность (X_i): X1 – применяемые материалы; X2 – технология изготовления и монтажа труб и комплектующих к ним; X3 – соблюдение технологии прокладки теплотрассы; X4 – условия эксплуатации теплотрассы. Все элементы предполагаемой системы являются значимыми для адекватной характеристики долговечности трубопровода.

$$W(x,y)=W_0(x,y)+\sum_{n=1}^{\infty}A_nW_n(x,y)$$

$$W_0(x,y)=\frac{Pb^2}{16\pi D}\left\{\left[\left(\frac{x}{b}-\frac{t}{b}\right)^2+\left(\frac{y}{b}-\frac{z}{b}\right)^2\right]\ln\left[\left(\frac{x}{b}-\frac{t}{b}\right)^2+\left(\frac{y}{b}-\frac{z}{b}\right)^2\right]+2\left(\frac{xt}{b^2}-\frac{yz}{b^2}\right)\times\right.$$
$$\left.\times\left[1+\ln\left(\frac{t^2}{b^2}+\frac{z^2}{b^2}\right)\right]-\left(\frac{t^2}{b^2}+\frac{z^2}{b^2}\right)\ln\left(\frac{t^2}{b^2}+\frac{z^2}{b^2}\right)-\left(\frac{x^2}{b^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)\ln\left(\frac{x^2}{b^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)\right\} \quad (1)$$

$$W_1(x,y)=\frac{x^2}{b^2}-\frac{y^2}{b^2},\qquad W_2(x,y)=\frac{2xy}{b^2},$$

$$W_3(x,y)=\frac{x}{b}\left(\frac{x^2}{b^2}+\frac{y^2}{b^2}\right),\qquad W_4(x,y)=\frac{y}{b}\left(\frac{x^2}{b^2}+\frac{y^2}{b^2}\right),\ldots,$$

где $W_0(x,y)$ – особое решение; $W_n(x,y)$ – частное решение Клебша, априори удовлетворяющее уравнениями равновесия плиты с защемленной нормалью под действием сосредоточенной силы и кинематическим граничным условиям в защемлении; t,z – координаты точки приложения сосредоточенной силы; A_n – неопределенные коэффициенты; b – некоторый линейный размер плиты.

После чего определяли свободные члены S и неизвестные коэффициенты A,B СЛАУ 8-го порядка при учете двух групп частных решений Клебша. По заданной функции прогибов и с учетом коэффициентов A,B находили коэффициенты канонических уравнений способа Б. Н. Жемочкина δ. В результате решения СЛАУ способа Б. Н. Жемочкина получили реактивные усилия, по которым определили реактивное давление под плитой и осадки основания. По известным осадкам основания находим внутренние усилия, возникающие в плите (изгибающие и крутящие моменты, поперечные силы).

По результатам статического расчета железобетонных плит покрытия автомобильных дорог можно сделать следующие выводы:

– наиболее опасным является краевое загружение плит, т. к. в этом случае возникают наибольшие изгибающие и крутящие моменты, а также поперечные силы, которые необходимо учитывать при проектировании дорожных плит, т.к. эти внутренние усилия оказывают значительное влияние на несущую способность данных плит;

– увеличение жесткости плит приводит к увеличению деформативности основания, но при этом уменьшаются внутренние усилия в плите.

УДК 630

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ АГРЕГАТНЫХ МАШИН

В. А. СИМАНОВИЧ, Д. А. КОНОНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, С. Э. БОБРОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Современные колесные лесные агрегатные машины на данном этапе их создания выполняются многофункциональными по своей технологической принадлежности. Такой путь создания продиктован рядом обстоятельств технико-экономического характера. Тенденции развития лесного машиностроения на нынешнем этапе требуют от эксплуатационников и исследователей новых подходов при проведении исследований с конкретными задачами целевого назначения.

Динамика нагружения узлов и агрегатов трелевочных тракторов изучена довольно разнопланово. Это связано прежде всего со спецификой работ и особенностями отдельных технологических операций выполняемых лесными машинами.

Лесные агрегатные машины характеризуются сложным взаимно связанным спектром нагружения по частотному диапазону и по амплитудным значениям, поэтому исследование и моделирование режимов нагружения должно основываться на рассмотрении динамической системы «лесная машина – предмет труда» во взаимосвязи всех ее подсистем, что позволит выявить закономерности формирования нагружения и оценить ее количественную сторону.

Низкочастотные нагружения в узлах и агрегатах колесной лесной машины возникают под воздействием внешних возмущений – неровностей микропрофиля трелевочных волоков, колебаний нагрузки от перемещаемого груза.

Моделирование на основе статистических характеристик воздействий предполагает осуществлять входные воздействия, соответствующие по своим вероятностным характеристикам эксплуатационным.

При этом воспроизводится спектральная плотность и корреляционная функция эксплуатационных режимов нагружения с учетом сохранения закона распределения амплитуд возмущающих воздействий. Для внешних воздействий предполагается локальная стационарность эксплуатационных процессов.

Такой метод предоставляется наиболее совершенным при получении достоверности результатов испытаний, так как воспроизводится процесс

наиболее точно соответствующий по частотному анализу следования нагрузок, последовательности их приложения.

Работа дизеля в наших исследованиях характеризуется равновесным режимом при равенстве M_g=M_c и определяется выбранным положением рычага регулятора по его статистической характеристике. Внешними возмущающими воздействиями являются приращения сопротивления на валу двигателя ΔM_φ и управляющего воздействия $\Delta \Psi$.

Математическая модель двигателя была принята в виде системы автоматического регулирования с обратной связью. Такой подход при решении задач динамического анализа позволяет проанализировать влияние каждого внешнего источника возмущений на работу узлов машины в целом. Такая методика позволяет представить динамическую систему на первоначальном этапе исследований в виде отдельных динамических контуров с характеристиками. В последующем методика исследований предполагает объединение моделей в общую, что дает возможность провести анализ влияния в отдельности каждого из источников возмущений.

Учет возрастающего количества источников возмущений позволяет установить истинную картину динамических воздействий на колесную лесозаготовительную машину.

Машины многоцелевого назначения не могут решить всех задач производственного назначения в виду ряда специфических особенностей производственно-технологического характера. Отводимые делянки лесного фонда в нашей республике преимущественно находятся в заболоченной местности на грунтах с низкой несущей способностью. Достичь уровня машинизации работ в таких условиях на лесозаготовительных операциях в 70 % пока не предоставляется возможным. Такие обстоятельства требуют наличия в лесозаготовительных предприятиях техники различного функционального назначения.

Это, в первую очередь, относится к колесным трелевочными тракторам, машинам по уборке порубочных остатков, их комплексной переработке.

Специфика выполнения таких операций требует создания, а, в дальнейшем и исследования машин, и их оборудования с целью повышения надежности в работе.

УДК 624.159.14

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Р. В. КУМАШОВ
ОАО «БУРОВАЯ КОМПАНИЯ ДЕЛЬТА»
Гомель, Беларусь

Постановка проблемы. Рассматривается влияние эксплуатационных нагрузок на распределение изгибающих и крутящих моментов на примере железобетонных плит автомобильных дорог серии Б3.503.1-1, предназначенных для временных и постоянных дорог.

Плита рассчитана как конструкция на упругом основании. Основание под плиты временных дорог принято естественным песчаным с модулем деформации $E_0 = 25 МПа$, коэффициент Пуассона основания $\nu_0 = 0,3$. Основание под плиты постоянных дорог выполнено из фракционированного щебня, песка, устроенного по грунту земляного полотна. Эквивалентный модуль деформации основания плит постоянных дорог вычислен как для многослойных оснований и составляет $E_0 = 356,481 МПа$, коэффициент Пуассона основания $\nu_0 = 0,3$. Модуль упругости бетона $E_p = 35 ГПа$ – для плит постоянных дорог и $E_p = 31,5 ГПа$ – для плит временных дорог, коэффициент Пуассона материала плит $\nu_p = 0,167$.

Для плит временных дорог рассматривается 16 вариантов загружения, для плит постоянных дорог – 12 вариантов загружения.

Статическая составляющая динамической нагрузки на плиты временных и постоянных дорог от расчетного автомобиля и составляет на колесо задней оси и $Q_{др} = 106,6 кН$ на колесо передней оси. Диаметр отпечатка колеса составляет $D = 0,41 м$. Статическая нагрузка от расчетной гусеничной техники на плиты временных дорог составляет $q_p = 140 кПа$. Ширина гусеницы принята $t = 600 мм$.

Алгоритм расчета. Расчет выполнялся способом Б. Н. Жемочкина и методом Ритца. Плита разбивалась на $mxn = 15x7$ прямоугольных участков Б. Н. Жемочкина. В середине каждого участка прикладывали единичную сосредоточенную силу. Для определения коэффициентов канонических уравнений способа Б. Н. Жемочкина задавались функцией прогибов прямоугольной плиты, с защемленной в начале координат нормалью, в виде особого решения и совокупности частных решений Клебша (1).

собой осуществляется фрикционными высокопрочными болтами с использованием накладок, пластин и (или) раскосов.

В работе представлены конструкции непосредственно несущего элемента балочного типа таврового профиля, а также предлагаются его различные модификации.

Соединение НЭ между собой позволяет получать различные варианты и конструктивные формы металлоконструкций:

– металлоконструкция, включающая НЭ с несущими элементами различной конфигурации и три стенки, соединенные встык с применением двухсторонних накладок;

– металлоконструкция при соединении НЭ внахлест;

– металлоконструкция при соединении НЭ встык с применением односторонних и двухсторонних накладок;

– металлоконструкция при соединении НЭ, расположенных по высоте на некотором расстоянии друг относительно друга, с применением накладок;

– металлоконструкция при соединении НЭ, расположенных по высоте на некотором расстоянии друг относительно друга, с применением двух или трех раскосов в некраевых местах соединения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузменко, Д. О.** Несущие конструкции зданий и сооружений с улучшенными конструктивно-технологическими характеристиками : магистерская дис. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 82 с.

2. **Fridkin, V. M.** Constructive-technological decisions of design engineering and manufacturing of bearing elements of the lowered steel intensity / V.M. Fridkin, I.M. Kouzmenko, N.S. Sysa, D.O. Kuzmenka, S.V. Bogdanov. Proceedings of the METNET Seminar 2014 in Moscow. HAMK University of Applied Sciences. Hameenlinna, FINLAND, December, 2014. Pp 153 – 164. ELECTRONIC:ISBN 978-784-694-3(PDF) HAMKin e-julkaisuja 35/2014. julkaisut@hamk.fi; www.hamk.fi/julkaisut

УДК 621.9

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А. С. БУРАКОВ, В. Д. РОГОЖИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Пропускная способность автомобильной дороги – это то максимальное количество единиц подвижного состава, которое может проследовать по дороге, при движении с расчетной скоростью в одном направлении за определенный период времени, например, один час.

Для оценки пропускной способности автомобильной дороги использовался усовершенствованный алгоритм решения задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования. В разработанном алгоритме для оценки пропускной способности дороги необходимы следующие исходные данные:

– интенсивность движения – количество автомобилей, проходящих через определенное сечение дороги в единицу времени (за сутки или за один час);

– длина участка дороги;

– тип транспортного средства – один из основных классификационных признаков транспортного средства, определяющий его назначение и общее конструктивное исполнение. Для моделирования выбраны легковые автомобили, легкие грузовики (ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ, Ивеко), грузовые тяжелые (автомобили-тягачи с полуприцепами). Для автомобилей выбран процент, исходя из грузопотока и пассажиропотока, а также грузоподъемность, взятая по техническому паспорту автомобиля и средняя скорость;

– безопасный интервал – минимальное расстояние между боковыми частями транспортных средств, исключающее (с учетом возмущающих воздействий) возможность их взаимного контакта при движении параллельными курсами;

– интервал движения автомобилей по дороге в течение суток (с 6 до 24 ч);

– критические точки – количество населенных пунктов, влияющих на скорость движения автомобилей. Средняя скорость движения по населенным пунктам принята до 50 км/ч.

Полученные результаты моделирования позволяют установить, что на пропускную способность автомобильной дороги оказывают влияние такие факторы, как интенсивность движения автомобилей, количество полос для движения, средняя скорость движения автомобилей по дороге.

УДК 629.113.3

МЕТОД И УСТРОЙСТВО БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, В. П. ЛОБАХ, Н. А. КОВАЛЕНКО, Д. А. САЧКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Сцепление является наиболее нагруженным агрегатом трансмиссии, что приводит при эксплуатации автомобиля к его неисправностям и отказам. Для их предупреждения необходимо периодически контролировать техническое состояние сцепления, что возможно путем его диагностирования с использованием стендового и бортового диагностического оборудования. При этом бортовое диагностирование по сравнению со стендовым имеет предпочтение, т. к. позволяет при меньших потерях рабочего времени автомобиля и стоимости оборудования вести непрерывный контроль за техническим состоянием сцепления. В настоящее время бортовых диагностических средств для диагностирования сцепления на автомобилях нет. Разработке метода и устройства для бортового диагностирования сцепления является весьма актуальной.

Для реализации предложенного метода диагностирования сцепления было создано устройство бортового диагностирования сцепления, основанное на использовании микропроцессорной системы. Для этого необходимо было разработать и внедрить импульсные датчики частот вращения маховика и зубчатого колеса первичного вала коробки передач, разработать аналого-цифровые преобразователи выходных сигналов этих датчиков, произвести выбор электронных суммирующих счетчиков, произвести операцию деления этих цифровых кодов по программе, записанной в постоянном запоминающем устройстве микропроцессорной системы, подать в регистратор результат деления и сравнить его с нормативным, на основании чего принимается решение о техническом состоянии сцепления.

Сущность диагностирования заключается в том, что в процессе эксплуатации водитель включает посредством включателя установленное на автомобиль устройство и устанавливает режим наибольшего крутящего момента внешней скоростной характеристики двигателя при наибольшей подаче топлива и соответствующем скоростном режиме движения по спидометру автомобиля или тахометру частоты вращения коленчатого вала. При этом для создания нагрузочного режима можно использовать силовой стенд для измерения тяговых качеств автомобиля или определенные площадки и тормозную систему автомобиля.

УДК 624.014.2

НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ БАЛОЧНОГО ТИПА ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

Д. О. КУЗМЕНКО, И. М. КУЗМЕНКО, В. М. ФРИДКИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В Белорусско-Российском университете, в соавторстве с сотрудниками Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) и холдинга «Группа компаний ПРОТОС», разработан несущий элемент, на который получено положительное решение на выдачу патента на изобретение по заявке № а 20121717 (РБ), МКП 04B1/00 от 17.09.15. На основе этого инновационного технического решения возможно создание металлоконструкций, включающих в себя структуры различной формы и назначения. Использование такого элемента позволяет значительно упростить технологию изготовления конструкций, снизить объемы выполняемых сварочных работ, в одном конструктивном элементе использовать стали различного класса. В работах [1, 2] приводятся основные результаты теоретических и экспериментальных исследований несущего элемента (НЭ) балочного типа таврового профиля.

В предлагаемой работе рассматриваются конструктивные особенности металлоконструкций, создание которых возможно на основе НЭ. Такие конструкции могут найти применение в транспортном, промышленном и гражданском строительстве. НЭ и металлоконструкции на его основе предназначены для использования в качестве металлоконструкций или сталежелезобетонных структур для различных классов сооружений, в том числе для конструкций, работающих в самых суровых природно-климатических условиях различных регионов.

НЭ собирается посредством жесткого соединения (преимущественно сваркой) из отдельных элементов: собственно несущего элемента и стенки. В свою очередь, несущий элемент изготавливается из листового проката с переменной высотой и может быть плоским или трубчатым и иметь по длине как постоянную, так и переменную ширину.

Металлоконструкция представляет собой сборную конструкцию (преимущественно на фрикционных высокопрочных болтах), состоящую из НЭ. При проектировании учитываются: расчетная схема и особенности конструктивной формы непосредственно конструкции, ее назначение, условия нагружения и эксплуатации. НЭ, в свою очередь, могут по разному располагаться по отношению друг к другу и к другим конструктивным элементам проектируемой металлоконструкции. Соединение НЭ между

УДК 624.014.2

ОБОСНОВАНИЕ ЗАМЕНЫ В БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ СПЛОШНОСТЕНЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БИСТАЛЬНЫЕ ПЕРФОРИРОВАННЫЕ

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

В настоящее время при проектировании большепролётных сооружений используют стальные балки со сплошной стенкой (сплошностенчатые конструкции). В основном, это сварные двутавры, реже – швеллеры.

К преимуществам сплошностенчатых несущих балочных конструкций можно отнести относительную простоту заводского изготовления монтажных элементов, хорошие несущие характеристики. Основными их недостатками являются: необходимость увеличения строительной высоты таких балок для перекрытия пролётов, больших 32 м, а также проблемы при использовании сталей различных классов для обеспечения оптимальной работы бистальных балочных конструкций.

Одним из возможных решений является использование сварных перфорированных элементов бистального типа. Данный подход не является принципиально новым, однако, в настоящее время редко используется, так как необходимо обеспечение высокой точности подгонки элементов полок и стенок в сварных балках и технологические сложности сварки различных марок сталей.

В зависимости от напряженно-деформированного состояния можно подобрать марки сталей таким образом, чтобы максимально уменьшить вес конструкции, при этом возможна оптимизация геометрических размеров стенок и полок без потерь в несущей способности конструкции. Вследствие этого возможно не только уменьшение массы несущих элементов, но и пролётного строения в целом, что будет положительно отражаться на итоговом весе конструкции и её стоимости при перекрытии пролётов, больших от 25 до 60 м. Для уменьшения строительной высоты бистальных пролётных строений автодорожных и городских мостов целесообразно рассматривать варианты с увеличением количества балок в пролётах, а в неразрезных пролётных строениях иметь короткие участки дополнительных продольных балок над промежуточными опорами.

УДК 629.113.3

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, В. Д. РОГОЖИН, В. И. ЧЕРВИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Повышение топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания (далее ДВС) автомобилей является весьма актуальной задачей. Один из путей повышения топливной экономичности – разработка новых и модернизация известных конструкций стендов и устройств для диагностирования электромагнитных форсунок (далее – ЭМФ). Это обусловлено тем, что в существующем оборудовании для диагностирования ЭМФ используется такой диагностический параметр, как продолжительность открытого состояния ЭМФ. Длительность подаваемого на ЭМФ прямоугольного управляющего импульса может быть измерена известными способами, например, с помощью осциллографа.

Недостатком известного способа диагностирования ЭМФ является снижение топливной экономичности автомобильных ДВС из-за невысокой точности определения технического состояния ЭМФ.

Объясняется это тем, что работоспособность диагностируемой ЭМФ определяется с большой погрешностью, так как в действительности время открытого состояния клапана ЭМФ не равно длительности управляющего импульса. Происходит это потому, что обмотка ЭМФ характеризуется индуктивностью и сопротивлением, которые изменяются в процессе эксплуатации. Так, сопротивление электрической части клапана ЭМФ может изменяться от 20 до 39 Ом. При этом индуктивность электрической части клапана форсунки также изменяется, но в известном способе для диагностирования не учитывается. Отношение индуктивности электрической части клапана к сопротивлению называется постоянной времени (Т), которая характеризует быстроту срабатывания ЭМФ, а именно, быстроту перемещения якоря. Скорость перемещения якоря ЭМФ изменяется пропорционально току, протекающему по обмотке, и зависит от технического состояния ЭМФ. После подачи электрического управляющего прямоугольного импульса на обмотку ЭМФ, в последней возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в электромагните форсунки. Перемещение якоря при этом происходит по переходной характеристике, представляющей собой апериодическую кривую первого порядка, характеризующейся постоянной времени Т определенной величины. Величина постоянной времени Т зависит от технического состояния ЭМФ.

Таким образом, для повышения точности диагностирования ЭМФ на стенде целесообразно принимать не продолжительность подаваемого на обмотку прямоугольного импульса и не отдельно сопротивление электрической части клапана, а ее постоянную времени Т.

Постоянная времени Т электрической части ЭМФ может быть определена обработкой полученной кривой первого порядка, совмещенной с началом прямоугольного управляющего импульса на одной и той же осциллограмме. При этом постоянная времени апериодической кривой нарастания тока в обмотке форсунки характеризует быстроту открытия форсунки и определяет время открытого состояния форсунки, то есть продолжительность впрыска, и тем самым количество поступающего топлива и топливную экономичность (рис. 1).

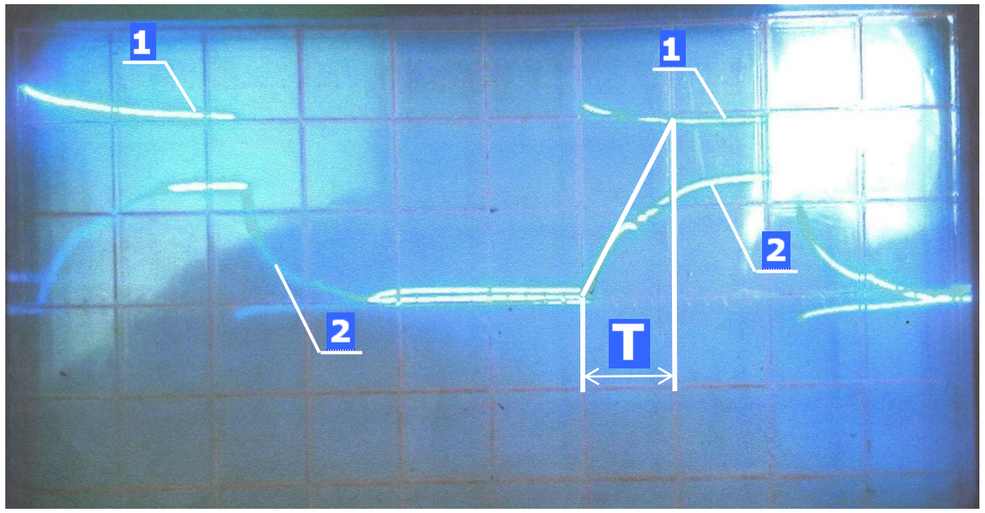


Рис. 1. Совмещенная осциллограмма для диагностирования технического состояния электромагнитной форсунки автомобильного ДВС: 1 – кривая прямоугольного управляющего импульса; 2 – апериодическая кривая первого порядка; Т – постоянная времени кривой 1

О техническом состоянии ЭМФ судят по результатам проведенного сравнительного анализа измеренной постоянной времени Т диагностируемой ЭМФ с эталонной $T_{этал}$. Если измеренная постоянная времени Т превышает $T_{этал}$, то ЭМФ неисправна. Диагностирование на стенде по постоянной времени Т повышает точность определения технического состояния ЭМФ.

Располагаем электронный тахеометр в точке НК. На предыдущем прямом участке трассы закрепляем точку А. Тахеометром измеряем расстояние до этой точки l_A. Тогда прямоугольные координаты этих точек: $X_{НК} = 0$; $Y_{НК} = 0$; $X_A = -l_A$; $Y_A = 0$.

Устанавливаем электронный тахеометр на свободной станции (точка S) и измеряем ее прямоугольные координаты: X_S; Y_S, используя функцию меню «обратная засечка».

Для более точного определения координат станции на прямом участке можно закрепить еще одну точку В. Ее координаты: $X_B = -l_B$; $Y_B = 0$, где l_B – расстояние от точки НК до точки В. В таком случае координаты станции X_S; Y_S будут определены по трем точкам: НК, А и В. При визировании со станции S на точки А, В, НК углы должны быть более 30º.

После этого на круговой кривой по кромке проезжей части закрепляем с интервалом l_p точки 1, 2, 3 … . Обращаемся к функции «известная станция». Вводим в память тахеометра координаты станции X_S; Y_S, координаты начала кривой $X_{НК}$; $Y_{НК}$ и измеряем точку НК. Получаем дирекционный угол направления S–НК. Электронный тахеометр готов к определению координат точек. Для этого обращаемся к функции «измерение точек». Последовательно выставляем на точки 1, 2, 3… веху с отражателем и измеряем координаты этих точек: X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; . . . X_i, Y_i.

По полученным значениям прямоугольных координат вычисляем радиус R круговой кривой или круговой части сложного закругления:

$$R = \frac{\sum X_i^2 Y_i + \sum Y_i^3}{2\sum Y_i^2}.$$

Выражение для вычисления радиуса получено в статье [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение радиусов закруглений автомобильных дорог способом прямоугольных координат / Ю. А. Катькало [и др.] // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 1. – С. 98–102.

2. Определение действительных радиусов на закруглениях автомобильных дорог электронным тахеометром / Ю. А. Катькало [и др.] // Вестн. Белорус.- Рос. ун-та. – 2012. – № 3. – С. 89–95.

УДК 625.72: 528.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ РАДИУСОВ КРИВЫХ В ПЛАНЕ

Ю. А. КАТЬКАЛО, А. А. КАТЬКАЛО, Н. В. ТУЛУЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разработано несколько способов определения действительных радиусов на закруглениях автомобильных дорог с помощью электронного тахеометра [1, 2]: по прямоугольным координатам, по касательной и углу, по двум касательным и углу. Оценив возможные затруднения в применении этих способов в стесненных условиях: на закрытых участках местности и при неполной видимости закругления, а также при сложном рельефе – предлагается новый подход к определению радиуса кривой.

Начало прямоугольных координат находится в точке (начало кривой НК). Ось Х направлена по тангенсу к вершине угла ВУ, ось У по перпендикуляру внутрь кривой (рис. 1).

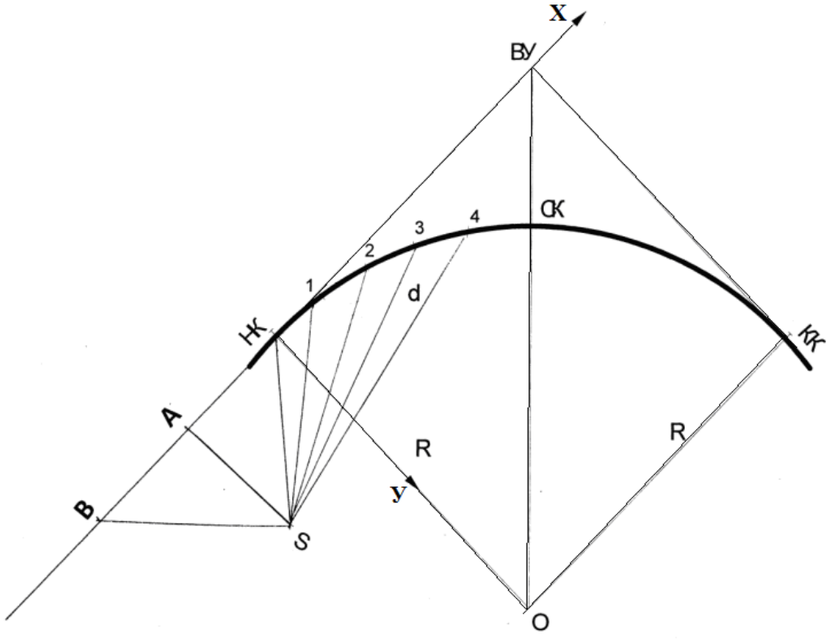


Рис. 1. Определение действительного радиуса кривой

УДК 629.113

ПАРАМЕТРЫ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПРОТЕКТОРА АВТОШИНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕЕ СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА

Н. Н. ГОБРАЛЕВ, А. В. ДОЛЖЕНКОВ, Б. С. КЛИМОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Безопасность работы всего автомобиля во многом зависит от надежности функционирования такого его узла, как колесо, т. к. в зоне автопокрышки с дорогой происходит гашение, нарастание и вообще распределение кинетической энергии системы. Процесс совершенствования конструкций автомобильных шин идет в направлениях повышения прочностных характеристик корда, создания оптимальной жесткости и рисунка протекторного слоя покрышек. Но более важным направлением разработки автошины стало создание такой ее конструкции, которая бы всегда гарантировала ее стабильное сцепление с опорной поверхностью дороги. А за это отвечает состояние наружной ее поверхности – протектора, его эластичность и ребристый рисунок. В зависимости от времени года эксплуатации автомобиля применяются летние, зимние и всесезонные автошины, которые отличаются друг от друга в основном рисунком своего протекторного слоя.

Различают макро- и микрорельеф протектора автопокрышки.

Макрорельеф ее наружной поверхности формируют выступы и беговые дорожки различной конфигурации. Основное назначение канавок между ними – отвод воды и снежной шуги из зоны контакта с дорогой при проезде автомобиля по лужам. Благодаря своим крупным выступам, выполняющим роль грунтозацепов, покрышка хорошо внедряется в снежный покров и размякший грунт. Для большего улучшения свойств внедряемости и сцепляемости шины с опорной поверхностью они могут дополнительно оснащаться металлическими шипами противоскольжения, что более актуально для зимних шин.

Микрорельеф протектора формируют ламели и определенная шероховатость на внешней сплошной части грунтозацепов. Ламели представляют собой мелкие нарезки, расположенные поперек беговых дорожек. Они имеют зигзагообразную конфигурацию. Ламели увеличивают эластичность центральной части выступов протектора, что способствует более полному их прилеганию к опорной поверхности. Шероховатость представляет собой совокупность микронеровностей на наружной стороне макровыступов, ее высота измеряется в долях миллиметров. Следует отметить, что новая покрышка, имеющая более гладкую, неизношенную наружную поверхность протектора, обладает худшими сцепными качествами, по сравнению

с обкатанной пробегом в 700–1000 км. Причиной того является малая высота микронеровностей.

Значение шероховатости наружного слоя протектора на повышение сцепных свойств отражается в разработках, посвященных шинам гоночных автомобилей. Рисунок их протектора имеет неглубокие продольные канавки на беговой дорожке. Шины дорожно-гоночных автомобилей часто выполняют с протектором в форме шашки, что дает хороший коэффициент сцепления. А шины, применяемые в гонках Формулы-1, вообще используют на «лысую» резину или протектор с несколькими очень неглубокими канавками (см. рис. 1).

Рис. 1. Шины гоночных автомобилей

Канавки в шинах гоночных машин не нужны, т. к. они увеличивают сцепление с дорогой только тогда, когда поверхность мокрая. А ведь при мокрой дороге гонки отменяются. Для производства шин гоночных автомобилей используется специальная липкая и пористая резина. Поэтому сила трения этих шин на сухой дороге растет за счет увеличения площади контакта, что противоречит классическим законам, справедливым для трения твердых и неэластичных поверхностей. Чистая резина прилипает к дороге лучше, чем грязная. Поэтому перед самым стартом покрышки с помощью специальных устройств и процедур нагревают до 80 °С, очищая ее поверхность и обеспечивая хорошее прилипание к дорожному покрытию. Шины гоночных автомобилей иногда надувают чистым азотом, ибо влага, содержащаяся в обычном воздухе, при нагревании шин испаряется и увеличивает давление в колесах, что создает дополнительные трудности в управлении.

УДК 694.1

КАРКАСНО-ПАНЕЛЬНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ В МАЛОЭТАЖНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

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

Технология каркасного домостроения из деревянных конструкций в малоэтажном строительстве широко применяется в мировой практике (США, Финляндия, Канада, Германия и др.).

Данная технология строительства малоэтажных зданий позволяет возводить как усадебные жилые дома повышенной комфортности, так и дома социального жилья, которые не уступают по своим характеристикам в надежности, прочности, долговечности и внешнему виду зданиям из бруса, кирпича, газосиликатных блоков.

Несущим остовом каркасного здания является деревянный каркас с использованием сэндвич-панелей с покрытием на основе древесных волокон. В качестве теплоизоляционного слоя, как правило, используется минеральная вата или пенополистирол. С внешней и внутренней стороны теплоизоляционный слой зашивают цементно-стружечными плитами, которые в дальнейшем оштукатуриваются или облицовываются сайдингом.

Технология деревянного каркасно-панельного домостроения имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями малоэтажного строительства:

– небольшие сроки строительства;

– возможность ведения строительно-монтажных работ в течение всего года;

– небольшой вес основных несущих конструкций;

– создание самых различных архитектурных форм дома;

– снижение расходов на эксплуатацию подъемно-транспортных машин, механизмов и оборудования;

– экологичность используемых материалов;

– потребление минимального количества тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение;

– долговечность конструкций;

– сравнительно низкая стоимость строительства.

Строительство каркасно-панельных деревянных домов является одним из наиболее перспективных направлений малоэтажного жилищного строительства как за рубежом, так и в Республике Беларусь, обладающей достаточно большими лесными ресурсами в сочетании с новыми технологиями и усовершенствованной материальной производственной базой.

Особое внимание необходимо уделять стадии проектирования, чтобы обеспечить надежность проектируемого асфальтобетонного покрытия.

В большинстве случаев образование колеи вызвано попаданием внутрь материала покрытия воды, и вызванных ей разрушений, поэтому необходимо защищать покрытие дороги. Это можно делать с помощью различных пропиток и эмульсий или с помощью создания слоя износа. Служит данный слой не менее пяти лет, и для ремонта изношенных участков достаточно двух рабочих и одной машины-ремонтера, что значительно снижает трудозатраты. Своевременный ремонт и качественный уход за состоянием дорожного покрытия позволит продлить срок службы покрытия на многие десятилетия, а главное приведет к экономии денежных средств дорожно-строительных организаций.

Для укрепления основания дороги используются георешетки, сделанные на основе полимеров или стекла. Уложенные на подготовленное основание геоматериалы снижают вероятность образования колеи к нулю благодаря своей прочной ячеистой структуре.

Немаловажным фактом в проведении ремонтных работ по устранению колеи является правильный выбор марки асфальтобетонной смеси, улучшение качества асфальтобетонных смесей (модификация дорожных битумов различными добавками).

Ремонтные мероприятия назначаются на участках дорог, имеющих одно или несколько несоответствий одновременно. Вид ремонтного мероприятия определяется степенью значимости параметра и возможностью назначенного ремонтного мероприятия устранить несоответствия по остальным параметрам. Назначаются ремонты в следующей последовательности: наличие колейности до 3 см с протяженностью на участке более 10 % – устройство поверхностной обработки; наличие колейности 3 см и более – фрезерование колеи с заменой асфальтобетонного покрытия и устройством тонкого слоя или поверхностной обработки.

В идеальной ситуации, при возникновении колейности дороги, требуется замена всего дорожного покрытия. Однако полная замена асфальтобетонного покрытия требует больших финансовых затрат и приводит к приостановке движения на определенном участке дороги. Поэтому большинство организаций проводят дорожные работы по замене верхнего слоя асфальтового покрытия. В результате, через некоторое время, здесь снова можно будет наблюдать деформацию покрытия. Смысл в том, что при образовании колеи деформируется все дорожное полотно, и чтобы от них избавиться, нужно строить дорогу заново, а не только заменять верхний слой. Поэтому, в данной ситуации, в качестве альтернативного варианта, можно использовать способ регенерации асфальтобетонного покрытия.

УДК 629.113

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОШИН, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕЕ СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА

Н. Н. ГОБРАЛЕВ, А. В. ДОЛЖЕНКОВ, Д. А. САСОНКИН,
Б. С. КЛИМОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Колесная шина является тем узлом автомобиля, который в наибольшей степени определяет безопасность его движения. Такое ее особое положение объясняется тем, что в месте контакта колес с дорогой происходит превращение вращательного движения элементов трансмиссии автомобиля в его поступательное движение. Эффективность такого преобразования зависит от многих факторов – режимов и скорости движения транспортного средства, температуры окружающего воздуха, состояния дорожного покрытия и конструктивного исполнения самой автопокрышки. И если влиять на условия эксплуатации автомобиля практически невозможно, то повышают безопасность его работы главным образом за счет изменения самой покрышки.

Шина имеет довольно сложную конструкцию и изготовлена из полимерного материала, состояние которого значительно зависит от окружающих условий. Главным требованием, предъявляемым к ней, является обеспечение хороших сцепных свойств.

Создать покрышку, одинаково хорошо работающую в различные времена года невозможно, поэтому в зависимости от сезона применяют различные автомобильные шины – летние, зимние и всесезонные.

Летом дорожное полотно чаще всего сухое и хорошо прогретое. Проходящие дожди лишь кратковременно повышают его влажность и образуют на нем лужи. Коэффициент сцепления дорожного покрытия с автошиной близок к 1,0. Поэтому летние шины имеют повышенную жесткость за счет применения каучука с большим содержанием сажи и увеличения внутрикамерного давления. Рисунок их протектора слабо ламелизирован и содержит преимущественно продольные канавки меняющейся глубины. Глубина канавок должна быть не менее 1,6 мм. В боковых стенках протектора имеются углубления для отвода тепла.

Зимой температура окружающей среды колеблется от положительной до отрицательной. На дороге уже при температуре +5…+7 °С возле водоемов и в низинах возможно образование наледи. Атмосферные осадки в виде дождя, влажного снега приводят к мокрому гололеду и снежной шуге. Обильные снегопады могут полностью покрывать дорожное полотно. В этих условиях коэффициент сцепления шин с дорогой приближается к 0,1.

Поэтому зимняя автошина для обеспечения достаточного пятна контакта изготавливается из мягкой резины, а для улучшения ее «прилипаемости» к дорожному покрытию в своем составе имеет специальные добавки, например, некоторые виды минеральных масел. Особые требования предъявляются к протектору. Его рельеф имеет продольные и отходящие от них косые канавки, что обеспечивает отвод воды и снежной шуги из зоны контакта. Выступы протектора плотно ламелизированы, имеют хаотично чередующиеся участки большей и меньшей твердости, их высота более 4,5 мм. Часто в крайних боковых выступах протектора помещают шипы противоскольжения.

Всесезонные шины изначально создавались с целью соединить в себе положительные качества летней и зимней автопокрышки. Резина этих шин обладает умеренной жесткостью, обеспечивающей надежное сцепление с дорогой как при положительных, так и при отрицательных температурах. Рисунок протектора является симбиозом рисунков летних и зимних шин. Он обладает характерными для летних моделей скругленными боковинами и широкими продольными канавками в центральной части, препятствующими аквапланированию автомобиля и повышающими его курсовую устойчивость. От зимних моделей протектору всесезонной шины перешли блоки, рассеченные ламелями. Но его рисунок более разреженный, чем у летних шин, а высота ниже, чем у зимних. Поэтому для езды по глубокому снегу они не годятся. В сильные морозы резина к тому же становится менее эластичной, что ухудшает сцепление. Оптимальным периодом времени использования всесезонной автошины является весна, осень и нежаркое лето, когда температура окружающего воздуха находится в пределах не ниже 7-ми градусов мороза.

УДК 69.05

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОЛЕЙНОСТИ И НАЗНАЧЕНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Н. А. ГРИШИНА, А. И. АНДРЕЕВА, Я. С. МАЛАХОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Колейность занимает второе место по значимости среди дефектов дорожного покрытия и имеет непостоянный характер.

Для оценки интенсивности, т. е. относительного изменения уровня ряда показателей РУП «Могилевавтодор» за период времени 2005–2013 гг. был вычислен средний темп прироста (снижения) $T_{пр}$ для всех уровней колейности и установлено, что величина $T_{пр}$ является отрицательной величиной, это свидетельствует о том, что уровни ряда снижаются.

Дороги с разными уровнями колеи занимают 12 % от общей протяженности автодорог (2533 км), находящихся на балансе РУП «Могилевавтодор», что является средним показателем для Республики Беларусь.

Для обеспечения безопасного движения автомобилей требуется предотвращение образования колеи или назначение ремонтно-восстановительных мероприятий.

Колейность возникает из-за появления остаточных деформаций в рабочем слое земляного полотна, несвязных слоях основания и самом покрытии. Для предотвращения образования колеи нужно еще на стадии строительства добиться хорошего качества уплотнения, что уменьшит пористость асфальтобетонного покрытия и нижележащих слоев.

Любая дорожная одежда рассчитывается исходя из предполагаемой массы автомобилей. Под эту массу готовятся нижележащие слои. Когда масса автомобиля больше расчетной, начинает деформироваться покрытие, что и приводит к образованию колеи. То же самое происходит при большей, чем рассчитано, интенсивности движения. Исходя из этого, необходимо рассчитывать дорожную одежду с перспективным ростом массы автотранспорта и интенсивности движения.

При температуре выше +30 °С в тени, битум в асфальтобетоне начинает размягчаться. Поэтому большой поток автотранспорта и автомобили максимально допустимой массы продавливают покрытие, меняя его форму. В состав асфальтобетонных смесей необходимо вводить различные добавки, повышающие температуру размягчения.

Для предотвращения образования колеи на асфальтобетонных покрытиях по возможности необходимо исключать движение тяжелых автомобилей, когда температура воздуха превышает +30 °С.

В процессе пропитки уплотненного пакета связующее заполняет все межволоконное пространство, следовательно, можно принять, что относительная объемная пористость пакета и относительное объемное содержание связующего в материале имеют одинаковое значение.

Для упрощения расчетной модели приняли ряд допущений: материал моделируется как однородное по объему тело с анизотропией свойств по трем направлениям – основе, утку и перпендикулярно слою; свойства материала неизменны в процессе течения (структура ткани постоянна).

Результаты пропитки представлены на рис. 1.

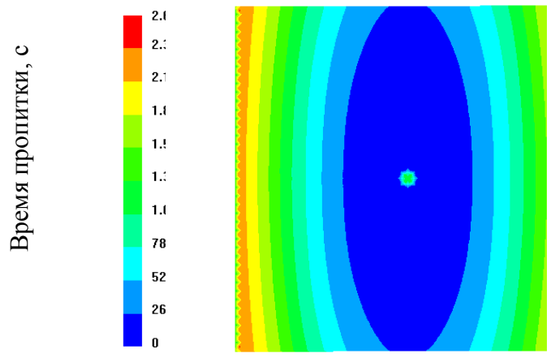


Рис. 1. Продолжительность пропитки наполнителя при течении связующего из центра

Визуализация процесса пропитки в среде PAM-RTM позволяет определять и анализировать время и скорость пропитки, распределение давлений, образование пористости, влияние места подачи связующего на прохождение процесса.

Использование моделирования процессов пропитки в настоящее время актуально и позволяет создать возможность прогнозирования параметров процесса пропитки для изделий сложной пространственной формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Щеглов, Б. А**. Теоретические основы и прикладные задачи технологии композитов / Б. А. Щеглов, А. А. Сафонов. – М. : ЛЕНАНД, 2015. – 112 с.

2. **Кордикова, Е. И.** Поведение тканого наполнителя при пропитке под давлением / Е. И. Кордикова, А. В. Спиглазов // Тр. БГТУ. Сер. IV Химическая технология органических веществ. – 2008. – Вып XVI. – С. 136–138.

УДК 656.11.05

ИНФОРМАЦИОННОЕ КАЧЕСТВО ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ю. В. ГОНЧАРОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ИНСТИТУТ МВД Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

Совершенная по своим техническим характеристикам улично-дорожная сеть и ее правильное использование позволяет в полной мере реализовывать эксплуатационные качества автотранспортных средств и тем самым существенно повышать эффективность и безопасность их использования. К примеру, средняя скорость сообщения городского транспорта не превышает 13–18 км/ч, а в часы «пик» и того меньше. Что касается грузового транспорта, то вследствие низкой эксплуатационной скорости для перевозки одинаковых объемов грузов для нашего региона необходимо в 1,8–2 раза больше транспортных средств, чем в западных странах. При этом возрастает расход автомобильного топлива, происходит повышенный износ транспортных средств и дорожных покрытий, загрязнение окружающей среды.

Несовершенство дорожных покрытий, несоответствие информационного качества дорожной инфраструктуры и обустройство мест дорожных работ конкретным дорожным условиям в конечном итоге проявляется как прямая или косвенная причина, приводящая к совершению ДТП с материальным ущербом или даже человеческими жертвами. Очевидно, что это устранимо посредством проведения своевременного и качественного ремонта, а также восстановительных работ элементов улично-дорожной сети.

В данном случае при организации дорожного движения необходимо предусмотреть пропуск транспортных и пешеходных потоков по оставшейся проезжей части или специально организуемым объездам. Нельзя допускать, чтобы место производства работ было для водителей неожиданным – для этого необходимо их заранее и наиболее полно предупреждать о наличии и характере ремонтных работ.

Своевременное информирование участников дорожного движения обеспечивается применением необходимых технических средств организации дорожного движения. Их выбор осуществляется еще на стадиях разработки планов строительства, ремонта улиц и дорог населенных пунктов. Однако действующие нормативы, допускающие предупреждение о проводимых работах на весьма опасных участках, с помощью нескольких последовательно установленных дорожных знаках, не всегда являются оправданными.

Расстановку технических средств организации дорожного движения, применяемых для обустройства дорожных работ, осуществляют непосредственно перед началом их производства. При организации объездов необходимо давать детальные схемы с указанием маршрута, объектов ориентирования, названием улиц и протяженностью ремонтных участков. Первыми следует устанавливать дорожные знаки, наиболее удаленные от места дорожных работ. Важна и утвержденная очередность их размещения, а именно: знаки приоритета, предупреждающие, запрещающие, предписывающие и информационно-указательные. За ними дорожные светофоры, направляющие устройства и дорожные ограждения. В конкретных дорожных условиях могут применяться и другие нестандартные средства организации дорожного движения, но только по предварительному согласованию с ГАИ.

Необходимо помнить, что схемами объездов могут пользоваться водители, которые не знакомы с улично-дорожной сетью данного города или района. Иногда такой водитель не знает, закончился ли объезд или он еще продолжается. Поэтому неплохо было бы устанавливать указатели, к примеру «Конец объезда» и т. д. При ремонте мостов, путепроводов, разрытии проезжей части, когда продолжение прямолинейного движения неизбежно приведет к аварии, следует применять физические ограждения для движения.

Определенные трудности возникают при регулировании скоростного режима в районе ремонтных работ. Существующая практика основана на безусловном ограничении скоростного режима до 40 км/ч и запрещении обгона. Не редко данные ограничения устанавливаются заранее и снимаются спустя такое же время после завершения дорожных работ. Поэтому оптимальное информирование участников дорожного движения будет достигнуто лишь при постоянном отслеживании дорожной ситуации и оперативном управлении техническими средствами организации дорожного движения: их включением или выключением, коррекцией зоны, направления или времени действия. Такое решение обеспечит правильное их использование и повысит безопасность дорожного движения на улично-дорожной сети.

УДК 678.027, 678.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО ФОРМОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Д. С. ГОНЧАРЕНОК, Е. И. КОРДИКОВА, А. В. СПИГЛАЗОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Большинство крупногабаритных изделий из композиционных материалов изготавливают методом вакуумной пропитки стекловолокнистых материалов термореактивным связующим. Пропитка и формование детали происходит на открытой оснастке с закрепленным на ней вакуумным мешком. В качестве непрерывного волокнистого армирующего наполнителя используются стеклоткани различного типа, а в качестве полимерной матрицы – полиэфирные, эпоксидные и винилэфирные смолы.

Отработка технологического процесса вакуумной инфузии на реальных материалах требует больших затрат времени и ресурсов, моделирование позволяет сократить эти затраты. Для моделирования процесса пропитки использовался модуль VARI в системе PAM-RTM, который позволяет достоверно прогнозировать параметры процессов.

На первом этапе создается геометрия и расчетная сетка конечных элементов для последующего анализа в модуле VARI, где задаются параметры моделирования для расчета пропитки на основе закона Дарси [1]. Закон устанавливает линейное отношение между скоростью потока и градиентом давления:

$$q = -\frac{K}{\mu}\left(\Delta p - e_z \rho g\right),$$

где q – скорость потока, м/с; K– тензор проницаемости, м^2; μ– вязкость связующего, Па·с; Δp – градиент давления жидкости, Па; ∇ – оператор Гамильтона, 1/м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; ρ – плотность связующего, кг/м^3; e_z – орт вертикальной оси, направленный вверх.

Контроль выполнения закона сохранения массы на каждом этапе по времени обеспечивается за счет сравнения притока и оттока связующего.

Исходными данными для моделирования являются: давление и учет гравитационных сил; плотность и вязкость термореактивного связующего; плотность, поверхностная плотность и коэффициенты проницаемости наполнителя в зависимости от направления, определенные опытным путем на установке, реализующей двухмерное течение жидкости в системе [2]. Кроме того необходимо задать пористость материала, толщину ткани и направления основы и утка.

Итоги расчетов представлены в виде диаграмм изменения стоимости и трудозатрат по возведению стен зданий на рис. 1 и 2.

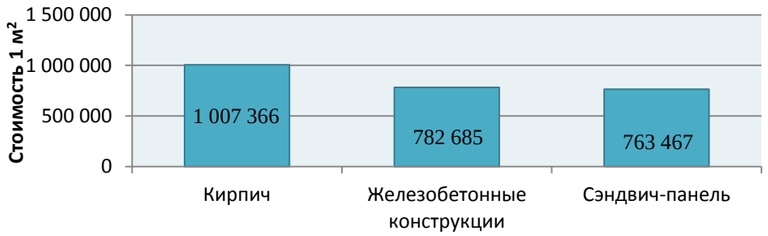


Рис. 1. Изменение стоимости возведения 1 м^2 стены здания, выполненного из различных материалов

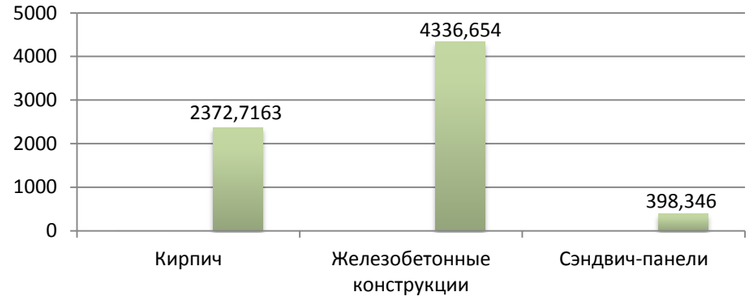


Рис. 2. Изменение величины трудозатрат возведения стен здания

Исходя из расчета стоимости и трудоемкости работ, можно сделать вывод, что, с экономической точки зрения, возведение стеновых конструкций промышленных и общественных зданий из кирпича является наименее эффективным по сравнению с остальными конструктивными исполнениями стен. Таким образом, исполнение стен зданий из железобетонных стеновых панелей экономичнее на 22 %, в сравнении с возведением стен из кирпича, исполнение стен зданий из сэндвич-панелей экономичнее на 24 %. Чтобы с абсолютной уверенностью утверждать, что сэндвич-панели являются самым конкурентным товаром на рынке стеновых строительных материалов, следует выполнить исследование, учитывающее срок службы данных конструкций по отношению к выше представленным, и исследовать область применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Голушкова, О. В**. Сэндвич-панели как альтернатива классическим строительным материалам и оценка их конкурентоспособности / О. В. Голушкова, С. Л. Комарова, Д. Д. Янович // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 132

УДК 624.437.42:624.071.324

СТЕНД ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДВЕСКИ КАБИНЫ ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

Д. А. ЛИННИК, В. А. КИМ
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Я. Купалы»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Гродно, Беларусь

С момента создания и эксплуатации колесных тракторов в сельскохозяйственном производстве конструкторов и исследователей занимает проблема снижения влияния вибраций и других негативных явлений на здоровье водителя. Один из путей снижения вибронагруженности рабочего места водителя колесного трактора, учитывая специфику его конструкции и условия эксплуатации – совершенствование подвески сиденья водителя, другой – совершенствование подвески кабины колесного трактора [1–4].

С целью совершенствование подвески кабины колесного трактора был разработан и изготовлен стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора (рис. 1).

Данный стенд позволяет провести испытания и определить оптимальные параметры упруго-диссипативных характеристиках подвески кабины водителя колесного трактора (вторичное подрессоривание) путем измерения, регистрации и обработки контролируемых параметров.

Стенд содержит кабину колесного трактора 1, груз 2, имитирующий массу водителя, противовесы 10, вал привода 9, который через подшипниковую опору 8 связан с рамой стенда 12 и приводящийся во вращение с помощью ремня 14 от электродвигателя 7 (рис. 1). Между рамой стенда 12 из гнутого профиля, установленной на подвижных опорах 13 и кронштейном 4, с прикрепленным к нему беспроводного модуля с цифровым датчиком-акселерометром 3, кабины колесного трактора 1 устанавливаются испытуемая задняя опора 5 и испытуемая передняя опора 11. На отдельном основании 6, жестко закрепленном на раме стенда 12, установлен приводной электродвигатель 7 со шкивом под ремень 14 и связанный с ним вал привода 9, контактирующий с рамой стенда 12 через подшипниковые опоры 8 (рис. 1). Для изменения частоты колебаний кабины водителя колесного трактора используется пульт 16 управления, состоящий из регулятора частоты и пускового устройства, размещенный на отдельном столе 18.

Для измерения, регистрации и обработки контролируемых параметров используется беспроводной модуль с цифровым датчиком-акселерометром 3. Результаты измерений передаются по радиоканалу на микроконтроллер, который производит их обработку и управление режимами работы датчика-акселерометра. Далее данные поступают на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) 17, где выводятся на экран

стандартными средствами *Windows*. Стенд устанавливается на бетонное покрытие и фиксируется с помощью анкерных болтов 15 (рис. 1).

Использование предлагаемого технического решения позволяет определить оптимальные параметры упруго-диссипативных характеристиках подвески кабины водителя колесного трактора (вторичное подрессоривание) в условиях вынужденных колебаний, максимально приближенных к эксплуатационным.

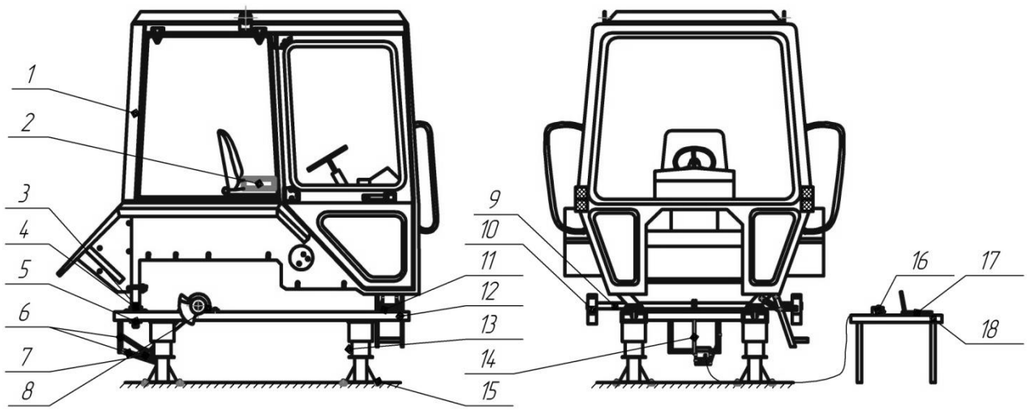


Рис. 1. Стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора: 1 – кабина колесного трактора; 2 – груз; 3 – беспроводной модуль с цифровым датчиком-акселерометром; 4 – кронштейн кабины; 5 – задняя опора; 6 – основание; 7 – электродвигатель; 8 – подшипниковая опора; 9 – вал привода; 10 – противовес; 11 – передняя опора; 12 – рама стенда; 13 – опора рамы; 14 – ремень; 15 – анкерный болт; 16 – пульт управления; 17 – ПЭВМ; 18 – стол

Стенд на рис. 1 относится к машиностроению, а именно к конструкциям стендов для испытаний вторичного подрессоривания водителя колесного трактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амельченко, Н. П.** Подвеска сиденья водителя колесного трактора: монография / Н. П. Амельченко, В. А. Ким ; под ред. И. С. Сазонова. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – 180 с.

2. **Ким, В. А.** О некоторых мерах гашения колебаний на сиденье колесного трактора / В. А. Ким, О. В. Билык, Н. П. Амельченко // Вестн. Могилев. гос. техн. ун-та. Транспортные и строительные машины. – 2001. – № 1. – С. 77–82.

3. **Линник, Д. А.** Теоретические исследования колебаний масс колесного трактора с моделированием случайных возмущений на ПЭВМ / Д. А. Линник // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 2 – С. 23–33.

4. **Линник, Д. А.** Стенд имитационных испытаний опор кабины водителя колесного трактора / Д. А. Линник, В. А. Ким // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 2 – С. 160–164.

УДК 338

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ СТЕН ЗДАНИЙ

О. В. ГОЛУШКОВА, С. Л. КОМАРОВА, Д. Д. ЯНОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На современном строительном рынке представлено много материалов, как традиционных, так и новых. Выбор материалов широк – это полимерные, железобетонные, керамические материалы и их комбинации. Чаще всего застройщик обращается к классическим материалам таким как: кирпич, силикатные блоки, пеноблок. Воспринимая эти материалы как самые прочные, самые надежные, долговечные и доступные. Забывая при этом, что создание конструкций из этих материалов требует серьезных финансовых вложений на начальном этапе (проектные и расчетные работы, а также подготовительные строительные работы). Возведение строений из классических материалов требует дополнительных затрат на фундамент, связующие материалы, на теплоизоляционные и кровельные работы. Проведя исследования на рынке строительных материалов, было выяснено, что самыми востребованными являются кирпич, железобетонные конструкции и сэндвич-панели [1].

Для того чтобы выяснить являются ли сэндвич-панели достойной альтернативой и могут ли конкурировать с классическими строительными материалами, был сделан расчет ограждающей конструкции здания, была составлена калькуляция трудовых затрат на возведение стен и подсчитана себестоимость. Расчетные работы выполнялись для базового варианта промышленного здания, выполненного из различных стеновых материалов и конструкций, с учетом их возведения и выполнения монтажа. Размеры базового варианта одноэтажного здания во всех трех случаях составил 54 х 48 м с одинаковой высотой – 8,2 м. При расчетах учитывалась стоимость подготовки к строительству, стоимость материалов, трудозатраты, эксплуатационные расходы, транспортные расходы и налоги. На основании составленных калькуляций по каждому частному потоку для наиболее распространенных вариантов возведения стен зданий были составлены локальные сметы для каждого вида конструктивного исполнения стен и способа их возведения.

Трудозатраты во всех трех случаях также оказались разными, в связи с тем, что трудоемкость работ по возведению здания из кирпича, серьезно отличается от трудоемкости работ с железобетонными конструкциями и сэндвич-панелями.

отношении широкого спектра биовредителей. Биоцид при этом должен быть мало токсичным для людей, а также не ухудшать экологию. Эти средства должны быть совместимы с материалами обрабатываемых конструкций, не терять антимикробной активности, не вызывать деструкцию материалов и снижать их эксплуатационные показатели. Для применения в РФ зарегистрировано порядка 300 дезинфицирующих средств. Однако список пригодных дезинфицирующих средств для борьбы с биовредителями не только мал, но и не позволяет своевременно и в полном объеме выполнить задачу по поддержанию экологической безопасности среды обитания человека от разнообразного действия токсических примесей и микробиологических загрязнений, включая и очистку воздуха от опасных органических загрязнителей, в том числе от угарного (CO) и углекислого (CO_2) газов.

Компаниями ООО «Инбиофарм» и ЗАО «Аквион» (г. Москва) разработано и промышленно выпускается новое поколение защитных средств на основе коллоидного серебра. К таким относятся: защитные средства «Неосильвер концентрат-Органик» ТУ 2499-005-17572054, «Неосильвер концентрат-Гидро» ТУ 2499-004-17572054-14, «Неосильвер-Защитный комплекс» ТУ 2499-006-17572054-14 с эффектом самоочищения конструктивных элементов поверхностей зданий и воздушной среды вокруг них от токсических примесей и микробиологических загрязнений. Его преимущество заключается в экологической безопасности применения при очистке внешних и внутренних поверхностей и примыкающей к ним воздушной среды от токсических примесей и микробиологических загрязнений. Эффект достигается за счет каталитических свойств, следствием которых является наличие биоцидных, фунгицидных и вирулицидных свойств составов.

Проведенные ЗАО «Аквион» всесторонние натурные испытания, разработанных инновационных защитных средств на социально значимых объектах, подтверждают высокую эффективность применения современных инновационных технологий в борьбе с микробиологическими и токсическими загрязнениями ограждающих конструкций зданий и сооружений для поддержания надежной экологической безопасности жизнедеятельности людей.

УДК 629.113

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

В. П. ЛОБАХ, В. Н. ШАРКОВ, Н. Н. ПАВЛЕНКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

С целью исследования тормозных систем и их устройств на кафедре «Техническая эксплуатация автомобилей» используется инерционный стенд. На нем можно экспериментально определить работоспособность испытуемых устройств тормозных систем (тормозные механизмы, привод, АБС и др.), а также получить их параметры (тормозной момент, давление в приводе, угловую скорость колеса, тормозной путь и др.).

Недостатком этого стенда является его большая стоимость, сложность, большие габариты элементов (генератор, электродвигатель, блок управления), для чего необходимо большое по площади помещение, квалифицированный персонал для его эксплуатации.

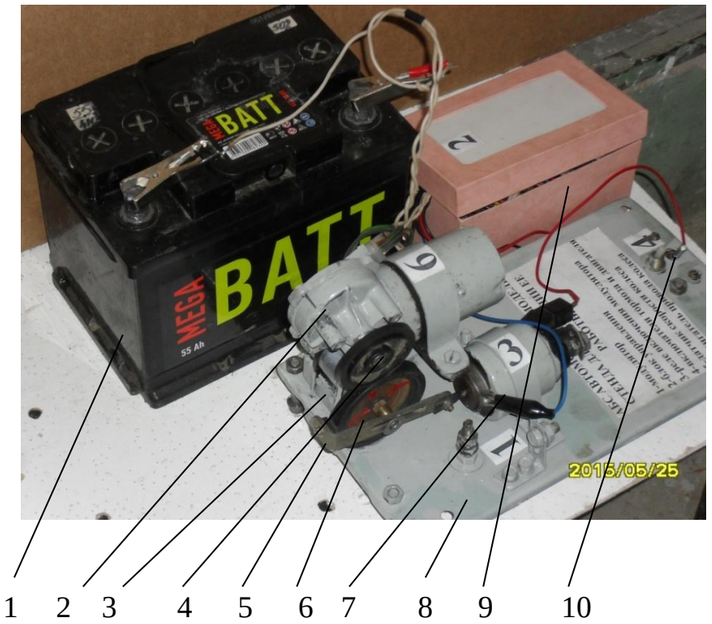


Рис. 1. Малогабаритный стенд с разработанным устройством управления торможением автомобиля: 1 – АКБ; 2 – электродвигатель; 3 – датчик скорости; 4 – колесо привода; 5 – тормоз; 6 – затормаживаемое колесо; 7 – электромагнит тормоза; 8 – монтажная пластина; 9 – блок управления (разработанный) АБС; 10 – включатели электродвигателя и тормоза

Авторами разработан малогабаритный переносной стенд (рис. 1) который позволяет на стадии проектирования тормозных систем и их элементов выполнять некоторые исследования тормозных систем при значительно меньших затратах времени и средств. Он имитирует работу реального стенда.

Стенд представляет собой электродвигатель 2 с колесом 4 (имитирует маховую массу или дорогу), приводящее во вращение колесо 6 (имитирует затормаживаемое колесо автомобиля). Оба колеса находятся между собой в контакте. Колесо 6 связано с датчиком 3 угловой скорости, а также имеет механизм торможения, состоящий из электромагнита 7 с тормозной планкой 5. В привод тормоза включен испытуемый блок управления 9 работой АБС. Питание электроэнергией всех потребителей осуществляется от АКБ 1. Управление электродвигателем 2 и тормозом 5 производится выключателями 10.

Работа стенда производится следующим образом. Включается питание электродвигателя 2, который вращает колеса 4 и 6, затем производится торможение колеса 6 тормозом 5. Сигнал (рис. 2) от датчика 3 угловой скорости колеса 6 поступает на осциллограф. При заданном уровне блокировки колеса 6 (проскальзывает) блок управления 9 выключает тормоз 5, и колесо 6 опять начинает вращаться. Такие циклы повторяются до прекращения торможения со скольжением колеса 6. Рис. 2 поясняет работу стенда и тормозной системы с АБС.

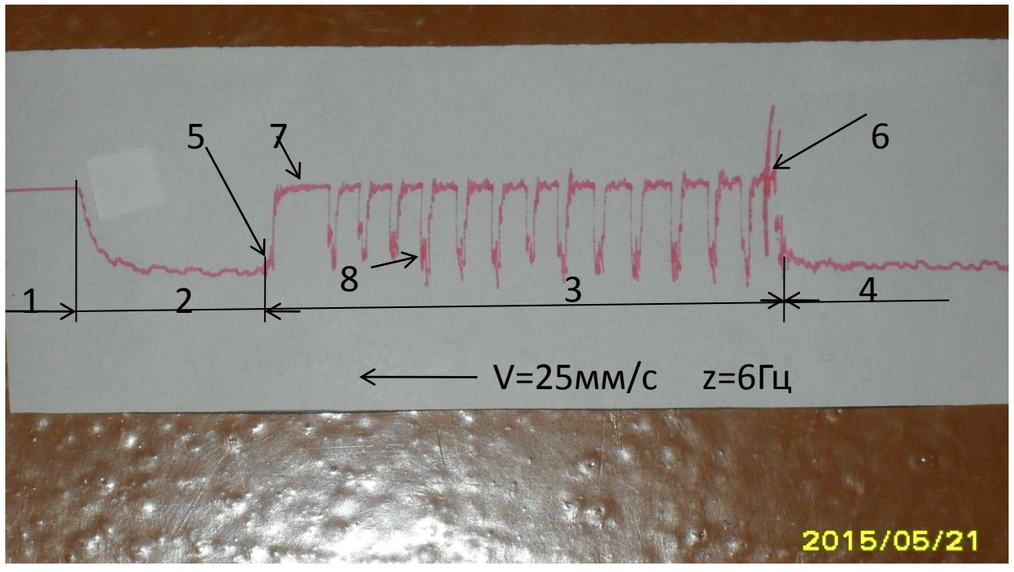


Рис. 2. Осциллограмма, полученная на малогабаритном стенде при испытаниях блока управления АБС: 1 – колесо не вращается; 2, 4 – колесо вращается без торможения; 3 – торможение колеса с АБС; 5 – начало торможения; 6 – конец торможения; 7 – колесо заблокировано при торможении; 8 – колесо разблокировано при торможении

УДК 69.059.164

НАНОТЕХНОЛОГИИ В БОРЬБЕ С МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИИ ТОКСИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В. П. ГЕРАСИМЕНЯ, В. А. ПИМЕНОВ

«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ им. Н.Н. Семенова РАН»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Москва, Калининград, Россия

Результаты обследования зданий и сооружений в Калининградской области, в т. ч. недавно построенных и отремонтированных, показали, что их внутренние и внешние поверхности часто поражены различными организмами: бактериями, простейшими, микроскопическими и другими грибами, водорослями, лишайниками и даже высшими растениями. Особенно тревожит тот факт, что внутри многих зданий обсемененность помещений, например, микромицетами превышает предельно допустимую норму в десятки, а то и сотни раз. Микробиологические загрязнения поверхностей резко ухудшают эксплуатационные характеристики материалов, вызывая биоповреждения и биоразрушения последних. Кроме повреждения элементов зданий, микромицеты способны вызывать микогенные аллергии, микозы, микотоксикозы и другие заболевания человека. Все это является большой опасностью для здоровья и жизни людей.

Безопасности жизнедеятельности людей уделяется большое внимание. Введены в действие нормативно-правовые акты, среди которых и «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. В частности статья 10 определяет пять категорий воздействий, которые недопустимы по вредности на здоровье человека. К этим воздействиям относится и биологическое. Указанные в законе инженерно-технические мероприятия по предотвращению микробиологических загрязнений поверхностей и окружающей воздушной среды играют роль профилактических.

Поэтому в современных условиях важное значение придается организации своевременной и надежной комплексной очистке зданий, сооружений различного назначения и примыкающей к ним воздушной среды от природных и техногенных загрязнений, обеспечивающей повышение уровня экологической безопасности среды обитания человека в различных условиях действия агрессивных сред. Эффективным способом очистки является применение дезинфицирующих средств (биоцидов). Эти средства должны обладать быстрым бактерицидным и фунгицидным действием в

Анализировали межремонтные сроки эксплуатации бетона 25 и 50 лет для толщин защитного слоя 15, 20 и 25 мм, при которых степень карбонизации достигает граничных значений и по результатам анализа определили минимальные классы бетона по прочности, которые возможно применять при проектировании ЖБЭ и ЖБК для условий эксплуатации промышленных зданий с неагрессивной средой. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Табл. 1. Минимальные классы бетона по прочности для условий эксплуатации промышленных зданий с неагрессивной средой

Параметры	Степень карбонизации, %					
	13 (pH=11,8)		18 (pH=11,3)		26 (pH=10,8)	
	Межремонтный срок, лет					
Толщина защитного слоя, мм	25	50	25	50	25	50
15	>> $C^{30}/_{37}$	>> $C^{30}/_{37}$	>> $C^{30}/_{37}$	>> $C^{30}/_{37}$	$C^{22}/_{27,5}$	$C^{28}/_{35}$
20	>> $C^{30}/_{37}$	>> $C^{30}/_{37}$	$C^{28}/_{35}$	> $C^{30}/_{37}$	$C^{16}/_{20}$	$C^{18}/_{22,5}$
25	>> $C^{30}/_{37}$	>> $C^{30}/_{37}$	$C^{18}/_{22,5}$	$C^{22}/_{27,5}$	$C^{12}/_{15}$	$C^{12}/_{15}$

В соответствии с СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции» условия эксплуатации промышленных зданий относятся к категории по условиям эксплуатации XC1, для которого минимальным классом бетона по прочности является $C^{12}/_{15}$. В СТБ EN 206-1-2011 «Бетон. Часть 1. Требования, показатели, изготовление и соответствие» для данной категории по условиям эксплуатации минимальный класс бетона по прочности – $C^{20}/_{25}$.

Анализ полученных результатов показывает, что если принять за граничное условие образование сплошной коррозии стальной арматуры толщиной продуктов коррозии не менее 0,1 мм (pH = 11,3), минимально необходимый класс бетона по прочности на сжатие при проектировании ЖБЭ для межремонтного срока 25 лет и толщины защитного слоя 20 мм – $C^{28}/_{35}$, толщины защитного слоя 25 мм – $C^{18}/_{22,5}$. Для межремонтного срока 50 лет, соответственно более $C^{30}/_{37}$ и $C^{22}/_{27,5}$. Если принять за граничное условие образование сплошной коррозии стальной арматуры толщиной продуктов коррозии не менее 0,3 мм (pH = 10,8), минимально необходимый класс бетона по прочности на сжатие при проектировании ЖБЭ для межремонтного срока 25 лет и толщины защитного слоя 20 мм – $C^{16}/_{20}$, толщины защитного слоя 25 мм – $C^{12}/_{15}$. Для межремонтного срока 50 лет, соответственно, $C^{18}/_{22,5}$ и $C^{12}/_{15}$.

Приведенные результаты анализа указывают на упрощенное принятие в нормативных документах минимального класса бетона по прочности, поскольку он будет зависеть не только от прогнозируемых эксплуатационных условий, но и от принятого при проектировании межремонтного срока и толщины защитного слоя.

УДК 629.114.2

РАЗРАБОТКА СТАЦИОНАРНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ МОТОРНОГО ОТСЕКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

С. Д. МАКАРЕВИЧ
Научно-практический центр учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
МЧС Республики Беларусь»
Могилев, Беларусь

Современные трактора относятся к объектам с высокой энергонасыщенностью. Трактор – сложнейшее сочетание технических устройств, систем и комплексов, являющихся самыми последними достижениями науки, инженерной мысли и производства. Одной из наиболее важных и вместе с тем сложных задач конструирования тракторов является их защищенность от пожаров. Однако, естественное стремление к гарантированной пожаробезопасности не должно сопровождаться необходимым стремлением требований к конструкциям и оборудованию, комфортности водителя.

Вопрос обеспечения комплексной безопасности на транспорте в последнее время стоит наиболее остро. При этом одной из важнейших задач является оснащение транспортных объектов качественными системами пожаротушения, которые будут безопасны как для здоровья пассажиров, так и для материальных ценностей.

Возникший пожар надо потушить как можно раньше – имеют значение даже не минуты, а секунды, поэтому приобретает особое значение практическая эффективность имеющихся на тракторе огнетушителей или систем пожаротушения.

Самая большая опасность возникновения пожара на сельскохозяйственной технике связана с использованием горючего. Так, на тракторах очаги загорания чаще всего возникают в моторном отсеке и в месте расположения топливного бака.

Наиболее распространенной причиной возгорания 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.

Конструкция стационарной установки газового пожаротушения была разработана в рамках реализации мероприятий по повышению термоустойчивости энергонасыщенных тракторов.

Стационарная установка газового пожаротушения состоит из распределительного трубопровода с выпускными насадками (форсунками), запорно-пускового устройства и баллона с углекислотой.

На рис. 1 показана конструкция установки пожаротушения смонтированная на тракторе «Беларус» серии 3022.

Рис. 1. Проверка работоспособности установки газового пожаротушения

Приведение в действие установки пожаротушения предусмотрено вручную при помощи рычага, установленного на запорно-пусковом устройстве и от кнопки дистанционного пуска установленной в кабине трактора.

Разработанная система пожаротушения моторного отсека может применяться и в другой сельскохозяйственной технике (зерно- и кормоуборочные комбайны, погрузчики, автомобили).

УДК 624.012.45/.46

КРИТЕРИИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И КОНСТРУКЦИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Е. В. БЕЛЯЕВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Основным процессом нейтрализации бетона, вызывающим его структурные изменения и снижающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре, является карбонизация. Она создает условия для возникновения и развития коррозии стальной арматуры железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) в различных эксплуатационных атмосферах, приводящих со временем к критическому снижению несущей способности ЖБЭ (ЖБК) и созданию аварийной ситуации.

Агрессивность воздушных сред промышленных зданий с неагрессивной эксплуатационной средой (по результатам многолетних наблюдений) определяют: концентрация CO_2 – 0,03–0,06 %, положительная температура в помещениях в течение всего года, относительная влажность до 100 %.

Для оценки возможности использования бетонов в эксплуатационных условиях промышленных зданий с неагрессивной средой исследовали совместно зависимости распределения по сечению бетона степени карбонизации и щелочности поровой жидкости образцов бетона, отобранных из ЖБЭ, эксплуатировавшихся длительные сроки. Устанавливали граничные значения степеней карбонизации для граничных значений щелочности поровой жидкости (показателя pH). Степень карбонизации бетона (СК) рассчитывается из пропорции, как процентное отношение измеренного фактического значения карбонатной составляющей (КС) к его максимальному значению ($КС_{max}$). Максимальное значение карбонизации определяли с учетом предельной величины карбонизации (показателя ПВК) и изменения степени гидратации цемента. Данный показатель (СК) не имеет никакого отношения к общепринятому понятию степени карбонизации, в соответствии с которым степень карбонизации бетона определяется количеством поглощенного бетоном CO_2.

Граничные значения показателя pH принимали по результатам исследования зависимости коррозионных повреждений стальной арматуры от состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Принимали pH = 11,8 – граничное значение потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, pH = 11,3 – образование сплошной коррозии стальной арматуры, pH = 10,8 – критическая коррозия (уменьшение площади поперечного сечения стальной арматуры Ø≤10 мм). Им соответствовали значения СК=13, 18 и 26 %.

Повышение степени усиления приводных усилий в разработанном тормозном механизме достигается тем, что усилие прижатия кольцевой фрикционной накладки к ступице колеса создается самим вращающимся колесом. Также сочетание различных типов механизмов в нажимном устройстве, а именно клин с шариками, клещевой механизм и кулачки позволяют разработанному дисковому тормозному механизму обладать коэффициентом полезного действия, не зависимым от износа кольцевой фрикционной накладки и в сочетании с тросовым приводом в 2–4 раза дешевле используемых дисковых тормозных механизмов с гидравлическим приводом. Таким образом, разработанный дисковый тормоз превосходит все известные дисковые тормоза по эффективности и надежности в работе, отличаясь при этом простотой конструкции и малой стоимостью.

В ходе экспериментального исследования разработанного дискового тормоза определялось нажимное усилие, воздействующее на кольцевую фрикционную накладку. Выбор нажимного усилия в качестве экспериментального исследуемого параметра обусловлен рядом причин. От величины нажимного усилия напрямую зависит величина тормозного момента развиваемого дисковым тормозом, одновременно с этим на величину тормозного момента влияют и другие факторы, например, коэффициенты трения на контактирующих поверхностях фрикционной накладки и корпуса тормозного механизма.

Экспериментальные данные, полученные в ходе исследований, показали, что с увеличением усилия, прикладываемого к рычагу пропорционально возрастает нажимное усилие, развиваемое тормозом. Экспериментальные исследования подтвердили высокую эффективность дискового тормоза и целесообразность принятых конструктивных решений.

В результате испытаний было установлено, что применение разработанного дискового тормоза позволяет повысить эффективность тормозной системы мотоцикла. Повышение эффективности торможения, выраженной через тормозной путь, составляет 4,7 % от нормативного значения.

Разработанный дисковый тормозной механизм с механическим приводом обладает экономической эффективностью выражающейся в меньшей его стоимости (360000…480000 р.) по сравнению с дисковыми тормозами, имеющими гидравлический привод. По сравнению с дисковым тормозом китайского производства разработанный дисковый тормоз с осевым нажатием и механическим приводом в 2,4 раза дешевле, а по сравнению с дисковым тормозом итальянского производства в 3,4 раза дешевле.

УДК 629.113

ВЫБОР ТИПА И ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОГО ТОРМОЗА ДЛЯ ПЕРЕДНЕЙ ОСИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА МТЗ

А. С. МЕЛЬНИКОВ, И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ, А. А. МЕЛЬНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев. Беларусь

Сложные и разнообразные условия работы колесных тракторов МТЗ, занятых на выполнении всего комплекса агротехнических работ во все периоды года, в т. ч. и в условиях весенних и осенних работ с характерной повышенной влажностью почвы, а также при транспортировки органических отходов, диктуют необходимость соблюдения определенных требований при проектировании тормозных механизмов для колес переднего моста тракторов МТЗ.

Основными требованиями к проектируемому тормозному механизму являются: влаго- и пылезащищенность, минимальное изменение конструкции существующих элементов переднего моста трактора, компоновка тормозного механизма с учетом обеспечения свободного доступа при монтаже, демонтаже и техническом обслуживании тормоза, а также применение привода аналогичного приводу, используемому на тракторе. Исходя из рассмотренных требований целесообразно для колесного тормоза передней оси колесного трактора МТЗ использовать барабанный тормозной механизм с гидравлическим приводом. В целях повышения эффективности тормозного механизма и уменьшения геометрических размеров тормоза следует обеспечить исполнение барабанного тормоза с двумя первичными самоустанавливающимися тормозными колодками. Тормозной щит в данном случае размещается на крышке колесного редуктора переднего моста, на тормозном щите закрепляются тормозные колодки и механизм привода колодок.

Колесными болтами одновременно закрепляются колесный диск и тормозной барабан, которые проходят через них и вворачиваются во фланец полуоси.

При выбранной компоновке тормозного механизма обеспечивается минимальная трудоемкость при доступе к тормозному механизму для монтажа-демонтажа либо ремонта, т. к. требуется только снятие колесного диска, после чего обеспечивается свободный доступ к тормозным колодкам, тормозному щиту и приводу тормозных колодок.

УДК 629.3

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБЪЕМНЫХ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ

В. И. МРОЧЕК, Т. В. МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разработка осуществлялась применительно к тракторам Минского тракторного завода.

На рамной конструкции стенда установлены:

– передняя ось трактора с управляемыми колесами;

– все устройства гидрообъемного рулевого управления (гидроцилиндр, насос-дозатор, привод с рулевым колесом);

– пульт управления стендом с информационно-измерительной системой.

Гидростанция выполнена в виде отдельного модуля. В ее состав входят гидробак, шестеренный насос (НШ10-3Л), напорный регулируемый гидроклапан, фильтр. Для привода насоса используется трехфазный асинхронный электродвигатель (АИР 100-L4).

В гидравлической системе стенда установлен специальный имитатор сопротивления повороту управляемых колес, позволяющий воспроизводить все возможные режимы нагружения привода как при поворотах вправо, так и при поворотах влево.

Для обеспечения возможности изменения расхода на входе гидрораспределителя в гидросистеме установлен двухлинейный регулятор расхода.

Сборка исследуемых на стенде гидравлических подсистем осуществляется с помощью напорных рукавов с быстроразъемными соединениями.

Информационно-измерительная система позволяет регистрировать расход, давления, температуру рабочей жидкости, мощность, подводимую к рулевому управлению. Вывод информации предусмотрен на цифровые индикаторы. На стенде также установлен разъем USB для подключения к ноутбуку.

На стенде предусмотрена также возможность установки формирователя сигналов управляющего воздействия (ФСУВ), подаваемых на рулевое колесо. При работе ФСУВ (дополнительно к указанным выше измеряемым величинам) регистрируются угловая скорость и момент на рулевом колесе. При этом ФСУВ может работать в двух режимах: обеспечивать вращение рулевого колеса с заданной скоростью; обеспечивать вращение рулевого колеса с заданным моментом. При этом в обоих случаях регистрируются оба параметра.

Разработанный стенд позволят выполнять все виды испытаний и настроек клапанов, предусмотренных действующими документами.

УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКОВОГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА С ОСЕВЫМ НАЖАТИЕМ С ПОВЫШЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ УСИЛЕНИЯ ПРИВОДНЫХ УСИЛИЙ

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

По причине отсутствия конструкции дискового тормоза, которая бы обладала высокой степенью усиления передаваемой нагрузки, а также имела механическое нажимное устройство, современная мототехника оснащается дисковыми тормозами с гидравлическим приводом, которые уже давно заняли свое место, опередив барабанные и дисковые тормозные механизмы с механическим приводом.

Достоинствами дискового тормоза являются линейная зависимость момента трения от приводного усилия, лучшие возможности охлаждения, недостатками – высокие удельные нагрузки в местах контакта фрикционных поверхностей и открытость последних. Распространению дисковых тормозов во многом способствовала мода, а не конструктивная необходимость. Однако на данный момент дисковые тормоза с гидравлическим приводом достигли того момента, при котором дальнейшее повышение эффективности и степени усиления приводных усилий значительно увеличивает сложность конструкции и стоимость самого тормозного механизма, что в дальнейшем значительно влияет на стоимость самого мотоцикла, а также и ремонтопригодность тормозного механизма.

Изложенное свидетельствует о назревшей необходимости создания дискового тормозного механизма с таким приводом, который бы:

– обеспечивал без дублирования или усложнения конструкции тормозной системы требуемую степень усиления нажимного усилия и тем самым момент трения;

– развивал необходимые тормозные моменты при сравнительно небольших размерах самого тормоза;

– обладал стабильностью и безотказностью работы;

– обладал возможностью использования на различных видах транспортных средств;

– обладал увеличенным ресурсом эксплуатации тормозного механизма без дополнительного обслуживания;

– обладал относительно низкой стоимостью изготовления.

Авторами был разработан дисковый тормозной механизм с осевым нажатием и механическим приводом, который соответствует данному перечню требований.

определялось лишь затратами времени на осуществление логистических операций с грузом в самом ТЛЦ.

Современные торгово-рыночные отношения и особенности оказания транспортных услуг показали, что такое определение и анализ логистических центров не верны.

Как видно из характеристик логистического сервиса, на современном этапе ТЛЦ приобрели значение развернутых транспортно-логистических комплексов. В ТЛЦ оказывается комплекс услуг, которые раньше предоставлялись участникам логистического процесса отдельными государственными органами и структурами. Это существенно снижает нагрузку на таможенные органы и ускоряет проведение таможенных формальностей и, как следствие, уменьшаются сроки простоя груза под таможенным оформлением.

Разработка проекта мультимодальной перевозки груза специалистами ТЛЦ существенно ускоряет перегрузку груза с одного вида транспортного средства на другой, ускоряет административную процедуру поиска перевозчика и оформления с ним договорных отношений.

Функции ТЛЦ также способны снять некоторые административные барьеры при транснациональной перевозке (в основном, это барьеры, связанные с разрешительной системой при выполнении перевозок между странами).

Складские услуги, предоставляемые на ТЛЦ, обеспечивают быстрое проведение погрузочно-разгрузочных работ на складских терминалах, упаковка и подготовка груза к доставке существенно сокращают сроки доставки готового груза к потребителю. При этом отпадает необходимость окончательной подготовки груза для потребителя в сторонних структурах. WMS-система управления складом обеспечивает оптимальную продолжительность и экономичность складских услуг.

Следует отметить, что благодаря этим комплексным преимуществам сокращается срок доставки груза не только от ТЛЦ к конечному потребителю, но также срок доставки груза от отправителя до ТЛЦ.

Практика показывает, что все ТЛЦ в РБ имеют в своей структуре компанию-перевозчика. Благодаря этому сокращается время, необходимое для поиска перевозчика и покупки у него транспортных услуг. Контроль за процессом перевозки осуществляются при помощи TMS – системы управления транспортом.

Благодаря приведенным выше преимуществам, а также демпфированию равномерности насыщения рынка товарами при международных перевозках, транспортно-логистические центры способны существенно ускорить передвижение товаров и сырья от поставщика к потребителю, что приводит к повышению транзитного потенциала государства и существенному снижению транспортной составляющей в стоимости перевозимого груза.

УДК 629.1

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОГРУЗЧИКА

В. И. МРОЧЕК, Т. В. МРОЧЕК, А. И. ПУЗИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из направлений совершенствования гидравлических систем погрузочного оборудования является снижение энергозатрат. В настоящее время на колесные фронтальные погрузчики, выпускаемые в Республике Беларусь, устанавливаются в основном многоконтурные гидроприводы с дроссельным принципом регулирования. Возможности по снижению энергозатрат гидроприводов с дроссельным регулированием далеко еще не исчерпаны. На первом этапе исследований необходимо оценить энергоэффективность существующих приводов, а затем выполнить работы по их совершенствованию.

В настоящее время на стадии проектирования многоконтурных гидроприводов используются упрощенные методики. В частности, определение основных характеристик осуществляется на основе моделирования процесса функционирования многоконтурного гидропривода при выполнении одной из рабочих операций. Распространение полученных конечных результатов на технологический цикл осуществляется с помощью специальных коэффициентов (учета работы под нагрузкой, использования номинального давления). Такие подходы часто не позволяют давать объективные оценки.

Объектом исследований являлась гидравлическая система с тремя контурами управления (стрелой, ковшом, выталкивателем). Применительно к этой системе разработана типовая циклограмма рабочего процесса, учитывающая работу на всех операциях. При разработке математической модели объект исследований рассматривался как система с переменной структурой. Общая математическая модель представляет собой совокупность моделей для всех операций, включая и рабочие. Математическая модель учитывает:

– потери в гидравлических сопротивлениях (местные и линейные), объемные и механические;

– вязкостно-температурные свойства рабочей жидкости;

– нелинейные зависимости внешних сопротивлений.

Использование разработанной математической модели позволит более точно оценить энергоэффективность гидравлической системы погрузчика.

УДК 629.1

ГИБКИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

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

Рост потребности в диагностике совпадает с появлением новых достижений в компьютерной техники, микроэлектронике, нейронных сетей и искусственного интеллекта, которые позволяют облегчить возможность применения технической диагностики [1].

Наиболее эффективная реализация методов определения технического состояния гидромеханических передач возможна на основе применения современных систем диагностирования.

Существующие средства диагностики не приспособлены к диагностированию механических систем, что вынуждает создавать отдельные внешние средства. Такие действия снижают привлекательность диагностики. Производитель не заинтересован в их установке. В данное время востребованы гибкие системы диагностики, включающие в себя датчики первичной информации, промежуточные средства обработки информации и ноутбук с установленным программным обеспечением. Диагностирование гидромеханической передачи с помощью гибких систем позволяет определить техническое состояние объекта без разборки. Такой подход снижает простой машины, сокращает расходы на обслуживание и ремонт. Выполнение необходимых ремонтов при выявлении неисправности позволяет сократить расход запасных частей и топливо-смазочных материалов.

В таком виде средства диагностики не требуют изменения конструкции машины, систем управления, сборочных единиц. А, учитывая, что диагностика необходима не на всех стадиях эксплуатации машины, то создавать встроенные системы диагностики нецелесообразно, так как они не будут длительное время востребованы. Поэтому важным этапом является создание гибких систем, которые предназначены для конкретных узлов. Например, гидродинамического трансформатора, коробки передач, фрикционов, главной и колесной передач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностирование автомобилей. Практикум : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2011. – 208 с.

УДК 62-592.6:656

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ К ПОТРЕБИТЕЛЯМ

В. А. ХРАМЦОВ, И. Л. ТРОФИМЕНКО, Н. В. ВЕПРИНЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Могилев, Беларусь

Транспортно-логистическая система движения ресурсов (ТЛСДР) – система каналов движения ресурсов, обеспечивающая возможность управления логистическими потоками при перемещении грузов с целью изменения их конечных параметров в соответствии с требованиями потребителей логистических услуг. ТЛСДР является сложной, и в свой состав включает транспортную систему и комплекс транспортно-логистических центров (ТЛЦ).

Для современного ТЛЦ характерен набор определенных функций, которые в совокупности являются логистическим сервисом и делятся на 3 группы.

1. Предпродажные услуги:
– определение политики фирмы в сфере логистического сервиса;
– планирование услуг;
– упаковка груза;
– консолидация и деконсолидация груза;
– подготовка груза к перевозке.

2. Услуги, связанные с транспортировкой грузов:
– обеспечение внутренней и международной перевозки в соответствии с нормативно-правовыми базами;
– разработка проекта мультимодальной перевозки груза;
– разработка плана перевозки проектных и негабаритных грузов;
– предоставление информации о движении товаров;
– обеспечение надежности доставки;
– подбор ассортимента груза.

3. Таможенные и складские услуги:
– проведение таможенных формальностей на складах временного хранения;
– погрузочно-разгрузочные работы;
– оформление товаросопроводительной документации.

В более ранних определениях ТЛЦ позиционировался в качестве некоторого звена ТЛСДР, представляющего собой склад с относительно небольшим набором из тех функций, что указаны выше. Логистический центр был представлен в качестве «перевалочной базы», используемой только для удобства участников логистического процесса. Влияние функционирования ТЛЦ на сроки доставки груза к конечному потребителю