

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОГИЛЕВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Материалы, оборудование
и ресурсосберегающие технологии**

Материалы международной
научно-технической конференции
Часть 2
Могилев, 19–20 апреля 2012 г.

Могилев
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
2012

УДК 625:624:620.179:62-83«324»(043.2)

ББК 39.3:38:34.9:31.291

М34

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

Рецензенты : д-р техн. наук, доц. В. П. Тарасик; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк; канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев; канд. техн. наук, доц. Г. С. Ленецкий

М34 **Материалы, оборудование и**
ресурсосберегающие технологии: материалы
международ. науч.-техн. конф. : В 2 ч. / М-во
образования Респ. Беларусь, М-во образования и
науки Рос. Федерации, Могилев. обл. исполн.
ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Белорус.-
Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и
др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – Ч. 2.
237 с. : ил.

ISBN 978-985-492-106-8.

В сборнике материалов конференции 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.

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

УДК 625:624:620.179:62-83«324»(043.2)

ББК 39.3:38:34.9:31.291

ISBN 978-985-492-106-8 (Ч.2)

ISBN 978-985-492-107-5

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2012

УДК 621.926
СМАЗОЧНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ
В ДРОБИЛКАХ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВАЛОМ

В. В. БЕРЕСНЕВ, О. В. АЛЕКСЕЕВА, С. В. ГОРЛУКОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В дробилках ударного действия с вертикальным валом подшипниковые узлы смазываются пластичной смазкой. В качестве смазывающих устройств применяются масленки колпачковые, пресс-масленки, масленки с непрерывной подачей смазки и т. д. При конструктивной простоте в качестве недостатков применения данных устройств можно отразить следующие: невозможность контроля подачи смазки, неравномерность подачи, неэкономичный расход смазки.

Авторами предлагается станция насосная для смазки подшипниковых узлов дробилок с вертикальным валом производительностью до $50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При разработке схемы станции смазочной учитывались следующие требования: непрерывная подача масла в подшипниковые узлы; исключение полного погружения подшипников в масле; исключение повышенного давления в подшипниковом узле во избежание утечек масла через уплотнения и попадания его в продукт дробления; охлаждение подшипника; вынос продуктов работы подшипников; очистку масла и возможность контроля за состоянием уплотнений.

Схема смазочной станции, удовлетворяющая вышеуказанным требованиям представлена на рис. 1.

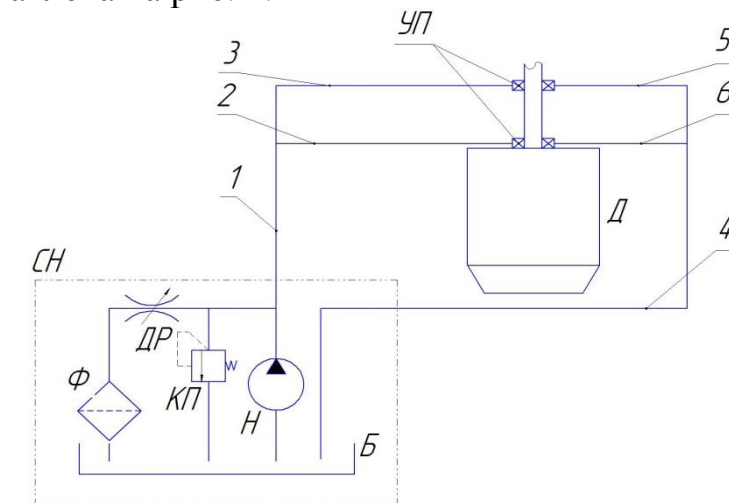


Рис. 1. Схема станции смазочной: СН – станция насосная; Ф – фильтр; ДР – дроссель; КП – клапан предохранительный; Н – насос; Б – бак; УП – узел подшипниковый; Д – дробилка; 1,2,3,4,5,6 – номера участков

Станция работает следующим образом: масло от насоса Н подается в подшипниковые узлы через напорные трубопроводы 1,2,3 и параллельно через дроссель ДР и фильтр Фв бак, проходя таким образом очистку. Дроссель Д необходим в данной схеме для обеспечения подачи масла в подшипниковые узлы УП. Из подшипниковых узлов УП масло по сливным трубопроводам 4, 5, 6 под действием силы тяжести возвращается обратно в бак. Параметры элементов и диаметры трубопроводов подобраны таким образом, чтобы движение масла в трубопроводах было ламинарным, а уровень масла в подшипниковых узлах обеспечивал требуемые условия смазки.

Подобная схема обладает следующими достоинствами: подшипник не заполнен маслом, а всего лишь смачивается, что повышает его КПД и уменьшает нагрев масла при работе; ламинарное движение жидкости в трубопроводах способствует охлаждению масла; имеется возможность контролировать состояние уплотнений по падению уровня масла в баке.

Конструкция бака выполнена таким образом, чтобы он не только охлаждал масло, но и обеспечил максимальную его очистку (см. рис. 2).

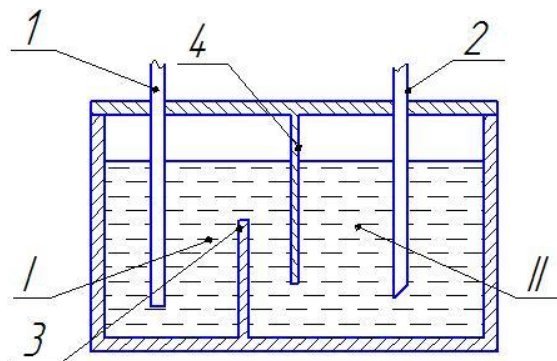


Рис. 2. Конструкция бака: I – всасывающая полость; II – сливная полость; 1 – всасывающий трубопровод; 2 – сливной трубопровод; 3 – нижняя перегородка; 4 – верхняя перегородка

Учитывая, что движение масла в сливном трубопроводе 2 ламинарное, в сливной полости II оно не перемешивается и тяжелые частицы беспрепятственно осаждаются. Нижняя перегородка препятствует попаданию осажденных частиц во всасывающую полость I. Верхняя перегородка 4 требуется для того, чтобы исключить попадания в область I частиц, которые легче масла и находятся на его поверхности.

При всей своей простоте схема, представленная на рис. 1, имеет недостаток: она не универсальна и требует рационального подбора параметров всех элементов, включая диаметры и длины трубопроводов, применительно к каждому конкретному случаю (имеется в виду место установки станции, типоразмер подшипников, параметры масла и т.д.).

При эксплуатации данной станции для нормальной работы подшипниковых узлов необходимо обеспечить ее пуск несколько ранее, чем дробилку.

Научное издание

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной научно-технической конференции
Часть 2

Могилев, 19–20 апреля 2012 г.

Авторы несут персональную ответственность за содержание тезисов докладов

Технический редактор И. В. Брискина

Компьютерная верстка И. В. Брискина

Подписано в печать 21.06.2012г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 13,83. Уч.-изд.л. 15,75.
Тираж 150 экз. Заказ № 401.

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
ЛИ №02330/375 от 29.06. 2004 г.
212000, г.Могилев, пр.Мира, 43.

ла для многопараметрового контроля.....	197
ФРАНЦКЕВИЧ К.В. Математическое моделирование влияния параметров разряда на поступление вещества пробы в плазму.....	199
ЦУПРЕВ Н.И., ЗАЙЧЕНКО Е.А. Способ определения характера процесса по автокорреляционной функции сигнала.....	201
ШАРАНДО В.И. Термоэлектрический контроль толщины никелевых покрытий на стали ВНС-25.....	203
ШАРАНДО В.И. Выбор материала электродов при термоэлектрической толщинометрии никелевых покрытий на стали.....	205
Секция 8. Автоматизация и электропривод	
АБАБУРКО В.Н., ЧЕРНАЯ Л.Г., СЛУКА М.П. Энергосберегающие взрывозащищенные светильники.....	207
АВЕРЧЕНКОВ В.И., САМАРЦЕВ К.С. Многомерная модель профессиональных компетенций.....	209
БОРЧИК Е.М., СТЕПАНОВ А.И., ЯКИМОВ А.И. Построение моделей расхода печатной краски в процессе крашения тканей набивным способом.....	211
ЗДАНОВИЧ Д.В., ВЫГОВСКАЯ Н.В., ПРУДНИКОВ В.М. Возможности автоматизации обработки документов в MS WORD....	213
КОЛЬЦОВ С.В., ОВСЯННИКОВ К.В., КОРНЕЕВ А.А. Последовательно-параллельная коррекция систем подчиненного регулирования с упругими связями при помощи пропорционального звена.	215
КРУТОЛЕВИЧ С.К., ЩЕРБО Н.М. Разработка системы автоматического управления режимом работы тепловой сети.....	216
ПАРФЕНОВИЧ О.Н., КАПИТОНОВ О.А. Новые прорывные конструктивные технологии для асинхронных с короткозамкнутым ротором энергосберегающих электродвигателей.....	218
ЧЕРНАЯ Л.Г., СЛУКА М.П., АБАБУРКО В.Н. Электрооборудование для взрывоопасных пылевых сред.....	220
ЩЕРБАК И.Н. Система управления манипуляторами с контуром управления по силе.....	222
ШАПЧИЦ А.Н., МИХАЛЬЦОВА Е.Л., АРТЕМЬЕВА Н.А. Повышение энергоэффективности насосных станций в системах водоснабжения.....	222
ЩЕРБАК И.Н. Система управления манипуляторами с контуром управления по силе.....	223
ЯНКОВИЧ А.В., ЖЕСТКОВА Л.В., ЛАБКОВИЧ Г.В. Проблемы энергосбережения в системах теплоснабжения.....	225
ЯСЮКОВИЧ Э.И., ВАСИЛЕВСКИЙ В.П., СТОЛЯРОВ Ю.Д. Инновационная технология организации учебного процесса в техническом вузе.....	227

УДК 621.86

**СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОМОЛА
ИЗВЕСТИ В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

К. С. ГАЛИЦКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Самара, Россия

Управление измельчением извести с требуемой величиной тонины помола необходимо выполнять в условиях действия основного возмущения – уменьшения массы мелющих тел и, соответственно, их способности измельчать, а также при ограничениях на производительность мельницы.

Известно, что для поддержания постоянства тонины помола при снижении способности измельчать мелющими телами, необходимо уменьшать загрузку мельницы. Это сопровождается снижением производительности помола. Считаем, что известен диапазон $\Delta Q_1 = Q_{1\max} - Q_{1\min}$ допустимого изменения производительности мельницы, который приведен к диапазону расхода загрузки извести.

Разобьем диапазон допустимых значений коэффициента тонкости помола K_T на ряд дискретных значений с шагом ΔK_T , точка i -е значение коэффициента на выходе задающего устройства ЗД1 (рис. 1).

$$K_{T.3.i} = K_{T.3.0} - \Delta K_T \cdot i,$$

где $K_{T.3.0}$ – наименьшее значение коэффициента; ΔK_T – шаг дискретного изменения; K_T , $\Delta K_T = \frac{K_{T.3.\max} - K_{T.3.0}}{n}$, здесь $K_{T.3.\max}$ – наибольшее допустимое значение коэффициента K_T ; n – число шагов, $i \in 0, 1, \dots, n$.

Синтезируем САУ помолом извести в виде системы автоматической стабилизации $K_{T.3.i}$, в которой производится контроль величины производительности Q_1 питателя. При достижении Q_1 граничного значения $Q_1 = Q_{1\min}$ происходит ступенчатое увеличение задающего сигнала $K_{T.3.i}$ на величину ΔK_T , после чего продолжается работа САУ стабилизации за счет автоматического уменьшения расхода Q_1 . Если выполняется условие

$$K_{T.3.i} > K_{T.3.\max},$$

то происходит дополнительная загрузка мелющих тел, а выходная величина задатчика ЗД1 принимает значение $K_{T.3.i} = K_{T.3.0}$.

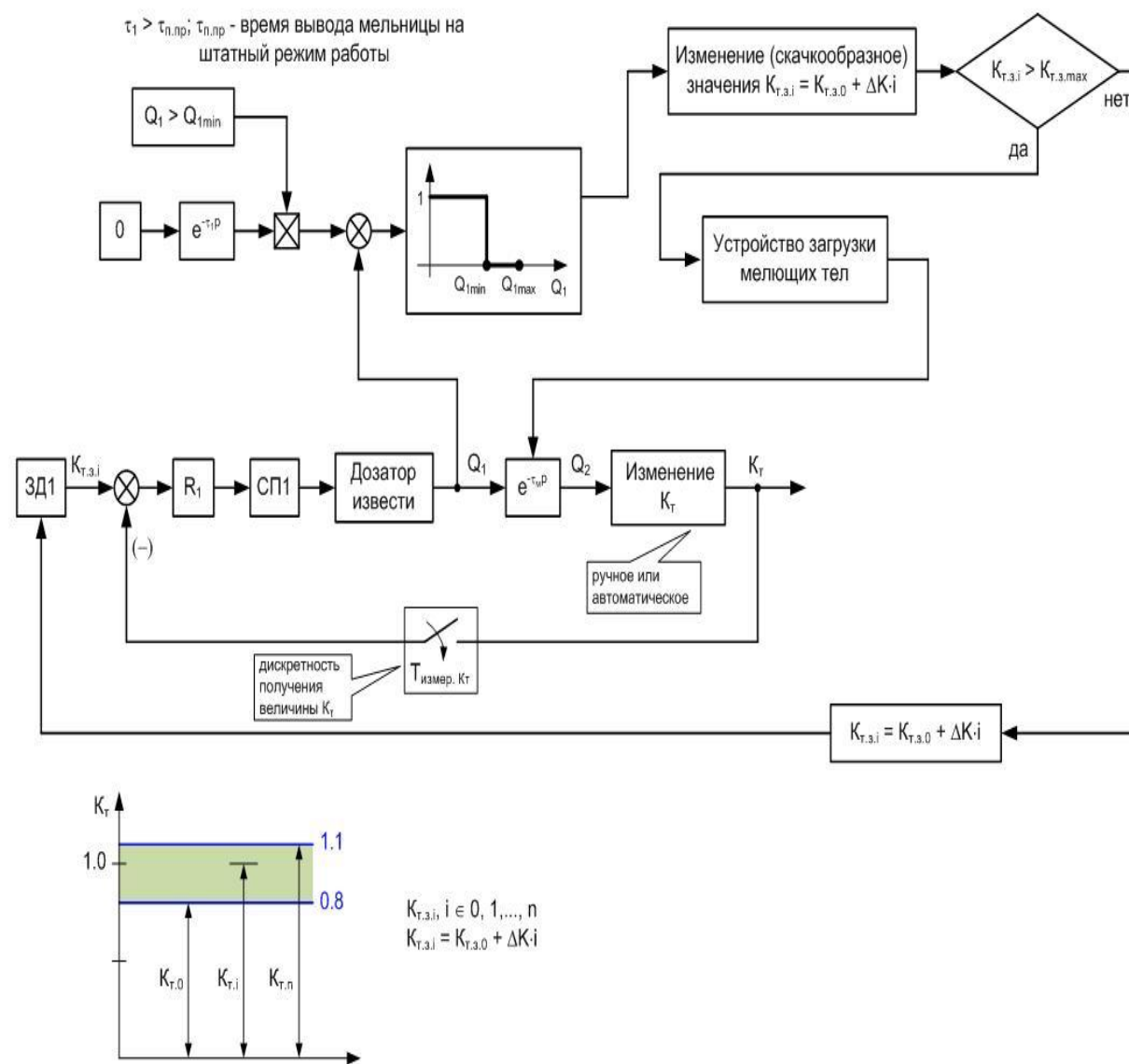


Рис. 1. Система автоматизированного управления помолом извести

го контроля температуры закалки стали У10А.....	164
КУЛЬБЕНКОВ В.М., ВОЙТЕНКОВ А.И., ХОМЧЕНКО А.В., ГОЛОД Е.А., ЗАЙЦЕВ А.В. Исследование распределения величины анизотропии в автомобильных закаленных стеклах.....	166
ЛУХВИЧ А.А., БУЛАТОВ О.В. Методы и средства контроля никелевых покрытий камер сгорания ракетных двигателей.....	167
ЛУХВИЧ А.А., ГУСЕВ А.П., ПИУНОВ В.Д. Источник высокооднородного магнитного поля для эталона магнитной индукции.....	169
МАГИЛИНСКИЙ А.П. Магнитографический метод контроля сварных соединений, выполненных сваркой трением.....	171
МАТЮК В.Ф. Повышение достоверности магнитного контроля глубины поверхностного упрочнения малогабаритных цилиндрических изделий.....	173
МАТЮК В.Ф. О направлениях развития импульсного магнитного контроля механических свойств листового проката сталей в технологической линии производства.....	175
МЕЛЬГУЙ М.А. Контроль качества термообработки инструментальной стали Р6М5.....	177
МЕЛЬНИК М.В. Моделирование петель гистерезиса.....	179
МИГУН Н.П., ВОЛОВИЧ И.В. О нанесении проявителя при капиллярном контроле.....	180
НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И., ШИЛОВ А.В. Дефектоскопия объектов с использованием визуализирующей магнитные поля пленки.....	182
НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И., КУШНЕР А.В. Обнаружение дефектов сплошности в поверхностном слое ферромагнитных объектов магнитографическим методом.....	184
ПРОТАСЕНЯ Т.А., КРЕНЬ А.П. Неразрушающий контроль трещиностойкости хрупких углеродсодержащих конструкционных материалов методом динамического индентирования.....	186
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Структурная чувствительность релаксационной коэрцитивной силы ферромагнитного тела.....	188
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Совершенствование бесконтактного метода сортировки малогабаритных чугуновых отливок.....	190
СКУРТУ И.Т., БРАНОВИЦКАЯ Т.А. Магнитоизмерительная установка для испытания электротехнической стали.....	192
СОТСКИЙ А.Б., ПАРАШКОВ С.О., СОТСКАЯ Л.И. Оптический контроль наноразмерных металлических покрытий.....	193
СОТСКИЙ А.Б., ЧУДАКОВСКИЙ П.Я., СОТСКАЯ Л.И. Контроль наноразмерных диэлектрических слоев на подложке методом волноводной спектроскопии.....	195
СТРЕЛЮХИН А.В. Расчет магнитных характеристик материала.....	

ШЕЙДА О.Ю., КОРБУТ Д.С., КОРБУТ Е.Е. Влияние химических добавок на схватывание цемента.....	134
ШЕСТАКОВ П.В., ЗАЙЦЕВА И.М. Применение нанотехнологий в производстве цемента и бетона.....	136

Секция 7. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды

АРТЕМЬЕВ В.М., НАУМОВ А.О., КОХАН Л.Л. Алгоритмы кластеризации и селекции изображений биологических клеток.....	138
АСАДЧАЯ М.В., СЕРГЕЕВА О.С., САДОВСКИЙ С.В., КОСТЮК Д.А. Рассеяние упругих мод на дефектах сцепления материалов.....	140
БАЕВ А.Р., МАЙОРОВ А.Л., ЛЕВКОВИЧ Н.В., ГИЛЬ Н.Н. Распространение поверхностной волны в объектах с поверхностным слабонеоднородным упругим слоем.....	142
БАЕВ А.Р., СЕРГЕЕВА О.С., КОНОВАЛОВ Г.Е., ПАРАДИНЕЦ В.В. Отражатели упругих мод применительно к ультразвуковым измерениям.....	144
БОРИСОВ В.И., КАРПЕНКО А.В. Определение диэлектрической проницаемости слоистых материалов.....	146
БРАНОВИЦКИЙ И.И., МАЦКЕВИЧ П.Д. Испытания электрических машин постоянного тока.....	148
БРАНОВИЦКИЙ И.И., РАЗМЫСЛОВИЧ Г.И., МАЦКЕВИЧ П.Д. О диагностике электротехнического оборудования и его компонентов.....	149
БУРАК В.А. Импульсный магнитный контроль качества закалки инструментальных углеродистых сталей.....	151
БУРАК В.А. О возможности контроля качества термообработки стали Р5М6 прибором ИМА-6.....	153
БУСЬКО В.Н., ВЕНГРИНОВИЧ В.Л., ВИНТОВ Д.А. Исследование многоциклового усталости сплава ВНС-2 методом магнитных шумов.....	155
ГНУТЕНКО Е.В., РУДНИЦКИЙ В.А. Особенности автоколебательного метода контроля механических свойств материалов.....	157
ГОГОЛИНСКИЙ В.Ф., АФАНАСЬЕВ А.А., ПИСАРИК В.В. Пневмооптическая бесконтактная следящая измерительная система технологического контроля.....	159
КОЗЫРИЦКИЙ П.А., НАЛЬГАЧЕВ В.В., ЧИЖИК А.О. Природа и расположение энергетической сети земли.....	160
КОРОТКЕВИЧ З.М. Влияние температуры закалки на магнитные свойства инструментальных углеродистых сталей.....	162
КОРОТКЕВИЧ З.М. Информативные параметры для магнитно-	

УДК 621.51
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА ПНЕВМОСИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

А. С. ГАЛЮЖИН

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

Надежность работы пневмопривода в значительной мере зависит от степени осушки сжатого воздуха. При наличии в нем воды в жидком состоянии происходит коррозия элементов пневмоаппаратов и пневмодвигателей, смывается смазка с трущихся деталей и, соответственно, увеличивается их износ.

Разработан центробежно-магнитный влагоотделитель, позволяющий производить осушку сжатого воздуха с расходом до 0,5 м³/мин (8,33•10⁻³ м³/с) и давлением до 0,8 МПа (рис. 1). Влагоотделитель состоит из корпуса 1, в котором соосно установлен завихритель 2. На внешней поверхности завихрителя 2 расположен направляющий аппарат 3, обеспечивающий движение потока сжатого воздуха по винтовой траектории. В нижней части корпуса 1 установлена конусообразная заслонка 4, под которой расположена полость 5 для сбора конденсата и пыли. Полость 5 через отверстие 6 соединена с электромагнитным клапаном 7. Снаружи на корпусе 1 установлен соленоид (цилиндрическая катушка) 8, а корпус выполнен из немагнитного материала (сплав алюминия). Для исключения нагрева корпуса 1 соленоидом 8 установлена теплоизоляционная прокладка 9. На корпусе 1 установлено устройство 10 для ионизации частиц воды в сжатом воздухе.

Влагоотделитель работает следующим образом. От компрессора сжатый воздух по трубопроводу 11 через отверстие 12 в корпусе 1 поступает в канал, образованный направляющим аппаратом 3. Для исключения образования местных вихрей, в которых частицы воды движутся хаотично, а центробежная сила направлена произвольным образом, отверстие 12 выполнено под наклоном, равным углу подъема винтовой линии γ направляющего аппарата 3. Кроме того, вход потока сжатого воздуха в направляющий аппарат 3 происходит по касательной, чем также исключается образование местных вихрей. При движении по винтовой линии частицы воды (димеры, тримеры и т. д.), обладающие большей массой по сравнению с молекулами азота и кислорода, в большей степени приближаются к вертикальным внутренним стенкам корпуса 1.

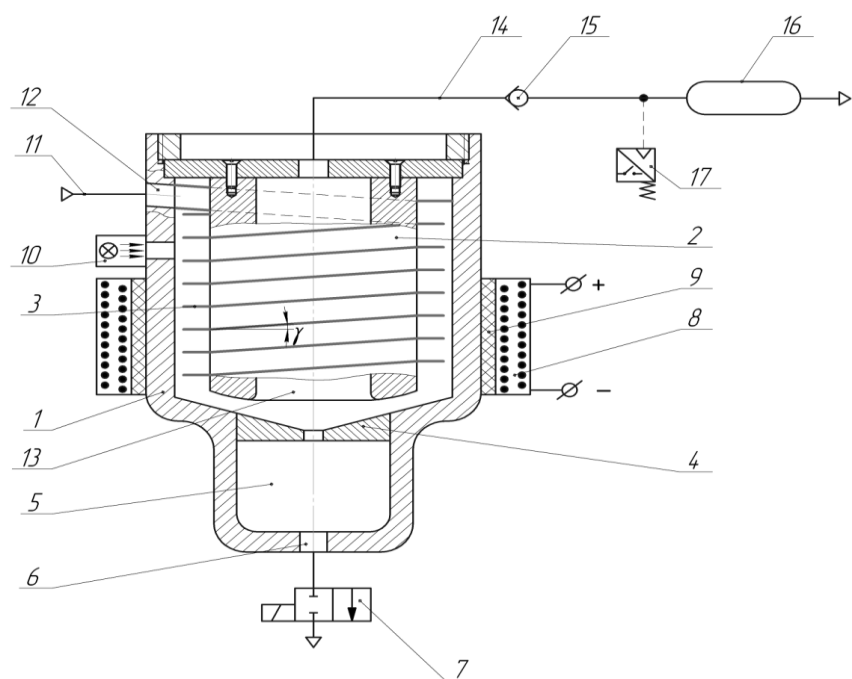


Рис. 1. Схема центробежно-магнитного влагоотделителя

Примерно через два оборота поток сжатого воздуха подвергается ультрафиолетовому облучению с помощью ионизатора 10. Поскольку частицы воды, по сравнению с молекулами кислорода и азота, находятся ближе к источнику ионизации, то они первыми приобретают положительный заряд. При этом поток воздуха уже находится в магнитном поле, образованном соленоидом 8, и поток электронов, выбитых из частиц воды, под воздействием силы Лоренца устремляется к оси завихрителя 2, а поток положительно заряженных частиц воды – к вертикальным стенкам корпуса 1. Вертикальные стенки уже будут покрыты тонким слоем воды, поскольку капли воды, которые образуются при сжатии воздуха, первыми достигнут стенок корпуса еще до облучения потока сжатого воздуха. Положительно заряженные частицы воды, достигшие слоя воды на стенках корпуса, соединятся с имеющимися там молекулами воды, и удерживаются за счет наличия водородной связи. Выбитые из частиц воды электроны захватываются электрически нейтральными молекулами кислорода и азота, поскольку их внешние электронные оболочки являются незаполненными, а также положительными молекулярными ионами кислорода и азота, у которых будут выбиты электроны при ультрафиолетовом облучении потока сжатого воздуха. Капли масла и твердые частицы пыли, находящиеся в сжатом воздухе, под воздействием центробежных сил инерции также от-

шения по капитальному ремонту совмещенных мягких рулонных кровель.....	109
ПИЩ И.В., БИРЮК В.А. Керамические поризованные блоки с использованием отходов бумажного производства.....	111
ПИЩ И.В., БИРЮК В.А., ШУГАЕВ О.И. Разработка составов масс для производства керамического кирпича с улучшенными техническими характеристиками.....	113
ПОЛЯКОВ А.Г., КОСТЮКОВА Л.А. Учет опасных природных и техногенных процессов при определении мероприятий по защите территорий, зданий и сооружений, расположенных в бассейне подземного и поверхностного стока реки.....	116
ПОЛЯКОВА Т.А., ПОЧТЕННАЯ В.С., ПЕТРОВСКИЙ В.Е. Улучшение качества дорожно-строительных работ с использованием георешеток.....	118
СЕМЕНЮК Р.П., СЛАВИНСКАЯ М.А., КЛИМЕНКОВА М.А. Шёлковая декоративная штукатурка.....	119
СЕМЕНЮК Р.П., БОГДАНОВ А.В., БОБОВИК Д.В. Утилизация отходов пенополиуритана ЗАО «Завод полимерных труб» г. Могилева.....	120
СЕМЕНЮК Р.П., АБУШКЕВИЧ Р.А., САПОЖНИКОВ Я.В. Акустические и теплоизоляционные растворы с использованием отходов пенополиуретана.....	121
СЕМЕНЮК С.Д., ИВАНОВ Ю.М., БЕРЕСТОВА А.В. К расчету сжатых элементов ферм при обследовании стальных конструкций.....	122
СЕМЕНЮК С.Д., МЕЛЬЯНЦОВА И.И. Усиление железобетонных колонн, кирпичных столбов и простенков.....	124
СТЕПАНОВА А.В. Модель прогнозирования срока службы железобетонных конструкций при воздействии хлоридов.....	126
ТАЛЕЦКИЙ В.В., СТЕПАНОВА А.В. Нарушения несущих железобетонных конструкций путепроводов, вызванные хлоридной агрессией.....	127
ХМЕЛЬНИЦКИЙ Е.С., АЛЕХНОВИЧ С.В. Энергетические особенности конструктивных решений кладки стен в народном строительстве Беларуси.....	128
ЦЫГАНКОВ К.В., АМЕЛИН Е.М., ОПАНАСЮК И.Л., ДАНИЛОВ С.В. Способы установки хомутов на железобетонные колонны.....	129
ЧЕРНЮК В.П., ЮСЬКОВИЧ В.И., ЮСЬКОВИЧ Г.И. Применение обмазок при погружении забивных свай.....	130
ШАРОЙКИНА Е.А., БЕЛЯЦКАЯ К.А., ИЛЬИН С.В. Измельчение.....	132

ГОМОН С.С., ГОМОН С.С., САСОВСКИЙ Т.А. Построение полной диаграммы деформирования древесины сосны при действии статической нагрузки.....	81
ГУДИМ Е.А., СЕМЕНЮК С.Д. Способы усиления фундаментов на карстовых грунтах.....	83
ДАНИЛОВ С.В., РЕУТСКИЙ И.А., ПАЙТРА А.П. Исследование технологических режимов выполнения штукатурных работ.....	84
ДАНИЛОВ С.В., РОВСКИЙ А.М., ВОРОНИЧ Д.В. Опалубочные работы при восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн.....	85
ЕКИМЕНКО А.Н., КОЛДАЕВА С.Н., КОЛДАЕВ О.Ю. Способ переработки композитов в погонажные изделия с армированием непрерывными элементами.....	87
ЖУК В.В., КАЛИТА А.В., ДЕРКАЧ Е.А. Определение физико-механических свойств цементно-стружечных плит.....	89
ЖУК В.В., ЛАСКЕВИЧ И.Г. Натурные испытания блока из двух металлодеревянных ферм с составным верхним поясом из досок.....	91
ИГНАТОВ С.В. Изменение прочностных характеристик грунта при устройстве инъекционных тел.....	93
КАТЬКАЛО Ю.А., ТЕРЕЩЕНКО А.С., ПОДСТРЕЛОВА Е.Н., ТУЛУЕВСКИЙ Н.В. Современные методы инженерно-геодезических работ при строительстве автомобильных дорог.....	95
КОМАР О.И., БЕРЕЗОВСКИЙ С.Н. Исследование причин пучинообразования грунтов в г. Могилеве и Могилевской области и рекомендации по их устранению.....	97
КОНОНЧУК А.П., ДОВБАКА П.И. Экспериментальные исследования железобетонных балок усиленных композитными материалами.....	99
КРЫШИЛОВИЧ Е.В., ГИБХИН А.В., ОРЕХОВА С.Е. Получение керамического кирпича с добавлением отработанного ванадиевого катализатора.....	102
КУРНОСЕНКО Л.В., КЛИМЕНКОВА Н.В. Выбор рационального варианта организации проведения работ на объекте на основе анализа сетевой модели.....	104
МОЙСЕЕНКО А.Б., МОЙСЕЕНКО Ю.А., АСЛАНОВА А.О. Экономическая эффективность и закономерности процессов измельчения.....	106
ОПАНАСЮК И.Л., ОПАНАСЮК Л.Г., АМЕЛИН Е.Н. Оценка технического состояния строительных конструкций жилых домов старой застройки г. Могилева.....	107
ОПАНАСЮК И.Л., ДИМИТРИАДИ Н.П. Прогрессивные ре-	

брасываются к внутренней стенке корпуса 1, и образовавшаяся смесь стекает вниз в полость 5.

Магнитное поле внутри корпуса 1 создается с помощью соленоида 8, вектор магнитной индукции B которого направлен вниз параллельно оси влагоотделителя и под углом $\alpha = 90^\circ$ к вектору окружной скорости V_0 движения ионизированной частицы воды. При этом на ионизированные частицы воды кроме центробежной силы F_c действует сила Лоренца F_L , которая совпадает по направлению с силой F_c . Радиальная сила, действующая на частицу, при этом существенно возрастает.

С помощью направляющего аппарата 3 поток сжатого воздуха также получает нисходящее движение. После прохождения по винтовой траектории поток воздуха поворачивается на 180° и поступает во внутреннее отверстие 13 завихрителя 2. При этом возникает центробежная сила, действующая на оставшиеся твердые частицы, частицы воды и капли масла и направленная в сторону конусообразной заслонки 4, куда стекает смесь воды, масла и твердых частиц со стенок корпуса 1. Сила Лоренца при этом уменьшается до нуля, так как вектор скорости V_0 становится параллельным вектору B . Через отверстие в центре заслонки 4 упомянутая смесь стекает в полость 5, где и собирается. Благодаря такой конструкции заслонки 4 собранная смесь твердых частиц, масла и воды не захватывается вновь потоком очищенного и осушенного воздуха и не увлекается в пневмосистему.

Осушенный и очищенный сжатый воздух проходит через отверстие 13, трубопровод 14, обратный клапан 15 и поступает в основной ресивер 16. Когда давление в пневмосистеме достигает верхнего предела, то срабатывает реле давления 17 и отключает электродвигатель компрессора, обмотку соленоида и обмотку электромагнитного клапана 7. В результате запорный элемент клапана 7 опускается вниз и полость 5 соединяется с атмосферой. Под действием давления воздуха, находящегося в корпусе 1, смесь воды, масла и твердых частиц выбрасывается наружу.

При падении давления в ресивере пневмосистемы до нижнего предела из-за расхода сжатого воздуха потребителями реле давления 17 включает электродвигатель компрессора и подает напряжение на обмотку соленоида и обмотку электромагнитного клапана 7, который перекрывает сообщение внутренней полости 5 с атмосферой, и цикл повторяется.

Стендовые испытания показали, что данный влагоотделитель позволяет осушить сжатый воздух до 3-го класса чистоты по ISO 8573-1:2001. Его гидравлическое сопротивление, по сравнению с адсорбирующими влагоотделителями такого же типоразмера, ниже на 37–43 %.

УДК 629.113.004.5

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ БОРТОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, К. Д. МИРОНОВ, И. Л. ТРОФИМЕНКО,
В. С. КУКЛИН

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

Достичь ресурсосбережения и сокращения затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт на автомобильном транспорте можно применением многих организационных и технических решений, в том числе и внедрением новых средств диагностики двигателей внутреннего сгорания.

На основе исследования двигателей внутреннего сгорания как исправных, так и имеющих неисправности было разработано, изготовлено и испытано устройство, которое содержит интерфейс с двумя каналами, микроЭВМ, включающую в себя микропроцессор, связанный с интерфейсом посредством шины данных, и имеющий внутреннюю память, выполненную в виде регистров общего назначения, установленный на щитке приборов в кабине транспортно-технологического средства регистратор, датчик частоты вращения маховика двигателя, включающий в себя последовательно соединенные катушку индуктивности с магнитным сердечником, установленную вблизи зубьев венца маховика, усилитель на транзисторе, выполненный по схеме с общим эмиттером, и соединенный с выходом датчика частоты вращения маховика, логический элемент И-НЕ, два входа которого параллельно соединены с выходом усилителя, выходной резистор, соединенный с выходом логического элемента, суммирующий счетчик, соединенный выходом с первым каналом интерфейса, преобразователь времени нахождения педали управления подачей топлива в электрический сигнал в виде прямоугольного импульса.

Разработанный преобразователь содержит последовательно соединенные узлы и детали: импульсный датчик щелевого типа, стержень, соединенный с педалью управления подачей топлива с обеспечением возможности перемещения стержня в щели датчика, резистор, соединенный выводами и выходом датчика, дифференцирующую цепь, выполненную на двух резисторах и конденсаторе, диод, включенный в прямом направлении, одновибратор, выполненный на двух транзисторах, шести резисторах и конденсаторе. Аналого-цифровой преобразователь устройства имеет транзисторный ключ, включающий в себя транзистор, резистор нагрузки. При работе двигателя маховик вращается и на выводах катушки индуктивности имеется сигнал, который усиливается усилителем. Этот сигнал подается на

перегородок.....	50
БАБИЦКИЙ В.В., ГОЛШАНИ М. Расчетно-графический метод проектирования состава тяжелого бетона.....	51
БАБИЧ Е.Е. Расчет изгибаемых железобетонных элементов треугольного профиля.....	53
БАБИЧ Е.М. Влияние длительного нагружения на кратковременную прочность бетона при сжатии.....	55
БАБИЧ Е.М., БАБИЧ В.Е., САВИЦКИЙ В.В. Расчет несущей способности поперечных сечений изгибаемых железобетонных элементов.....	57
БАДЕЕВ В.А., МАКСИМОВИЧ Е.С., МИХНЕВ В.А. Использование подповерхностного радара для контроля дорожных покрытий.....	59
БАТЯНОВСКИЙ Э.И., ЛЕОНОВИЧ И.А., АЛЕКСАНДРИКОВ А.А. Модель прочности фибробетона, поризованного микросферами.....	61
БЕЛОНОГОВА О.П., БЕЛОНОГОВ В.Н. Образовательная и информационная деятельность в области энергосбережения в контексте концепции устойчивого развития.....	63
БИБИК М.С., БАБИЦКИЙ В.В. Последовательность проектирования энергосберегающих режимов тепловой обработки бетона...	65
БЛАГОДАРНЫЙ В.М. Использование альтернативной энергии на объектах придорожного сервиса.....	67
БОЛОШЕНКО Ю.Г., КОЖЕМЯКИНА Е.В. Выбор методики расчета прогибов изгибаемых железобетонных элементов, работающих в условиях действия малоцикловых нагрузок.....	69
БОЧКАРЕВ Д.И., КОЗУНОВА О.В., СИГАЙ Е.А. Использование вариационно-разностного подхода в нелинейной постановке при расчете шпалы на искусственном упругом основании.....	71
ВАСИЛЬЕВ А.А. Энергоэффективный элемент стеновых ограждений многоэтажных зданий.....	72
ВАСИЛЬЕВ А.А., КОЗУНОВА О.В., СИГАЙ Е.А. Нелинейный расчет трехслойного стенового блока как элемента ограждающей конструкции.....	74
ГОЛУШКОВА О.В., СИВАЧЕНКО Л.А., ГАВРИЛЕНКО А.Д. Выполнение строительно-отделочных работ с помощью оборудования с пружинными рабочими органами.....	75
ГОМОН Л.П., ДОВБАКА О.Н. Разрушение кососжимаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках.....	77
ГОМОН С.С., АЛЕКСИЕВЕЦ В.И., ШАКИРЗЯНОВ В.Д. Работа болтовых соединений деревянных конструкций при действии статических и малоцикловых нагрузок.....	79

МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А. Тормозные системы тяговых колесных машин.....	31
МОХОВ С.П., ГОРОНОВСКИЙ А.Р., ПИЦОВ С.Н., АРИКО С.Е. Перспективы развития лесного машиностроения Республики Беларусь.....	32
МРОЧЕК В.И., МРОЧЕК Т.В., БУРАКОВ А.С. Оценка эффективности способов регулирования расхода при использовании центробежных насосов.....	34
ПЕТРЕНКО М.Л., ЮШКЕВИЧ А.В., МЕЛЬНИКОВ А.С. Способы формирования управляющих сигналов систем активной безопасности двухколесных транспортных средств.....	35
ПЛЯКИН Р.В., ТАРАСИК В.П., ГОРБАТЕНКО Н.Н. Стендовые испытания системы автоматического управления гидромеханической передачей.....	36
ПРОТАС П.А., КЛОКОВ Д.В., ЛЕОНОВ Е.А. Система машин для заготовки древесного сырья и топливной щепы в сложных эксплуатационных условиях.....	38
РОГОЖИН В. Д., МЕТТО А. А. Стендовые исследования характеристик дисковых тормозных механизмов.....	40
САЗОНОВ И.С., АМЕЛЬЧЕНКО Н.П., БИЛЫК О.В. Снижение уровня низкочастотных колебаний на сиденье водителя колесного трактора.....	41
САЛБИЕВА З.С., ЛЬЯНОВ М.С., САЗОНОВ И.С. Математическая модель системы вертикальной стабилизации остова склонохода с гидроприводом.....	42
СЕВОСТЬЯНОВ В.С., СИВАЧЕНКО Т.Л. Интенсификация контактных взаимодействий в зонах разрушения материала путем реализации штифтового способа измельчения.....	44
СИМАНОВИЧ В.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., БОБРОВСКИЙ С.Э., БОБРОВИЧ В.А. Динамическая нагруженность трелевочных тракторов при различных конструкциях прицепного модуля.....	45
СИМАНОВИЧ В.А., ИСАЧЕНКОВ В.С., БОБРОВСКИЙ С.Э., БОБРОВИЧ В.А. Обоснование параметров прицепного оборудования трелевочного трактора.....	47
ЮШКЕВИЧ А.В., ПЕТРЕНКО М.Л., МЕЛЬНИКОВ А.С. Дисковые тормоза с осевым нажимом.....	49

Секция 6. Прогрессивные технологии, конструкции и материалы в строительстве. Содержание и безопасность автомобильных дорог

АМЕЛИН Е.М., ЦЫГАНКОВ К.В., ОПАНАСЮК И.Л., ДАНИЛОВ С.В. Технология устройства бескаркасных гипсокартонных

вход логического элемента, и на выходном резисторе формируются импульсы напряжения, положительная часть которых с выводов выходного резистора посредством и дополнительного резистора подается на базу транзистора транзисторного ключа.

В первом регистре общего назначения микропроцессора записано число, соответствующее нормативному значению частоты вращения. С выхода счетчика зафиксированное в нем число считывается в параллельном коде и подается на интерфейс. Обращение к интерфейсу происходит по сигналу от микропроцессора микроЭВМ. Результат счета за заданное время записывается во второй регистр общего назначения микропроцессора посредством интерфейса и шины данных. Перед началом счета на вход «Установка нуля» счетчика поступает импульс с выходного резистора посредством дифференцирующей цепи и счетчик обнуляется.

При проведении диагностирования на коллектор транзистора ключа подается прямоугольный импульс заданной длительности, сформированный одновибратором, а на базу транзистора транзисторного ключа подаются короткие импульсы, сформированные на выводах выходного резистора. При наличии напряжения на коллекторе транзистора транзисторного ключа и положительного импульса на его базе транзистор открывается, через него протекает ток, который создает импульс напряжения на резисторе нагрузки, этот импульс поступает на счетный вход суммирующего счетчика. При каждом коротком импульсе, поступающем на базу транзистора транзисторного ключа, транзистор открыт на протяжении длительности прямоугольного импульса, питающего транзисторный ключ. Количество поступающих на вход счетчика импульсов за заданное время пропорционально увеличению частоты вращения двигателя.

При наличии неисправностей в двигателе кодовая комбинация, поступающая во второй регистр общего назначения, меньше кодовой комбинации, записанной в первом регистре общего назначения. Диагностирование заключается в вычитании числа импульсов, измеренных и поступивших в виде кода во второй регистр из числа импульсов, записанных в виде кода в первый регистр. Результат вычитания в виде кодовой комбинации посредством шины данных, интерфейса и цифро-аналогового преобразователя подается на регистратор. При обнаружении неисправности в диагностируемом двигателе внутреннего сгорания эксплуатация машины прекращается, проводятся ремонтные работы на двигателе.

Применение предлагаемого устройства обеспечивает получение экономического эффекта за счет улучшения топливной экономичности, снижения затрат на ремонт.

В. В. ГЕРАЩЕНКО, В. Д. РОГОЖИН, А. И. КРЕЗ, П. А. ШАВЛИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Дизельные двигатели отличаются высокой экономичностью. Принципиально система впрыска должна обеспечивать хорошее смесеобразование в соответствии с заданным процессом сгорания топлива (непосредственный впрыск или разделенные камеры сгорания) и работу с высоким давлением в камере сгорания дизеля, а также дозировать при этом подачу топлива с максимальной точностью. Существенное влияние на работу дизельных двигателей оказывает техническое состояние форсунок.

Были проведены исследования методов и средств стендового диагностирования электромагнитных форсунок. Так, имеется метод диагностирования, заключающийся в том, что электромагнитную форсунку устанавливают на стенд, снабженный источником прямоугольных сигналов и устройством для получения и подачи на форсунку заданного давления, подают давление в форсунку, прикладывают к обмотке форсунки прямоугольные импульсы одинаковой высоты с регулируемой частотой следования этих импульсов в диапазоне от 10 до 2000 Гц. В качестве диагностического параметра используют величину динамических искажений.

На основе полученных результатов исследования в качестве диагностического параметра было предложено использовать силу тока, протекающего по обмотке, как исправных, так и имеющих неисправности, обмоток форсунок. Разработан и предложен метод стендового диагностирования электромагнитных форсунок, заключающийся в том, что подают на форсунку заданное давление, к обмотке форсунки прикладывают прямоугольные импульсы напряжения, увеличивая их частоту следования, обеспечивают получение осциллограммы тока, протекающего по обмотке, измеряют динамическую погрешность тока, сравнивают полученную погрешность с нормативной, при которой обеспечивается бесперебойная работа форсунки. В зависимости от полученного результата принимают решение о техническом состоянии диагностируемой электромагнитной форсунки.

На основе предложенного метода диагностирования разработан источник прямоугольных сигналов, содержащий регулируемый по частоте вращения микроэлектродвигатель, на валу которого установлен металлический диск с двумя выступами и прорезями, преобразователь импульсный щелевой, установленный вблизи диска с обеспечением возможности свободного прохождения диска в щели преобразователя, имеющий три вывода, стабилизированный источник постоянного тока, положительный полюс которого соединен с первым выводом преобразователя импульсного щелевого, резистор, первым выводом соединен со вторым выводом преобразователя, а третий вывод преобразователя и второй вывод резистора подсоединены параллельно к отрицательному полюсу источника тока.

**Секция 5. Проектирование, производство и эксплуатация
автомобильного транспорта, строительного-дорожных и подъемно-транспортных машин**

БЕРЕСНЕВ В.В., АЛЕКСЕЕВА О.В., ГОРЛУКОВИЧ С.В. Смазочная станция для смазки подшипниковых узлов в дробилках ударного действия с вертикальным валом.....	3
ГАЛИЦКОВ К.С. Структурный синтез системы автоматического управления технологическим процессом помола извести в шаровой мельнице.....	5
ГАЛЮЖИН А.С. Проектирование устройства для осушки сжатого воздуха пневмосистем мобильных машин.....	7
ГЕРАЩЕНКО В.В., МИРОНОВ К.Д., ТРОФИМЕНКО И.Л., КУКЛИН В.С. Микропроцессорное бортовое устройство для диагностирования двигателей внутреннего сгорания.....	10
ГЕРАЩЕНКО В.В., РОГОЖИН В.Д., КРЕЗ А.И., ШАВЛИКОВ П.А. Разработка источника сигналов для диагностирования электромагнитных форсунок.....	12
ГЕРМАНОВИЧ А. О., ЛОЙ В.Н., АРИКО С.Е., ГОЛЯКЕВИЧ С.А. Влияние характеристик древесного сырья на энергозатраты рубильной машины с верхним выбросом щепы.....	13
ГОБРАЛЕВ Н.Н., ГЮЛЬАЛИЕВ М.А. Обоснование выбора типа авторезины для условий мягких зим.....	15
ГОЛЯКЕВИЧ С.А., МОХОВ С.П., ПИЦОВ С.Н., ГОРОНОВСКИЙ А.Р. Повышение прочности и усталостной долговечности корпусных деталей ведущего моста автобуса МАЗ.....	17
ЖАРАВОВИЧ Е.В., ФОЙНИЦКАЯ И.Н., ЧУБАКОВ П.В. Автотранспорт и окружающая среда. Свинец.....	19
ИВАНЬКИН Д.В. АспектS разработки механической системы активной безопасности на силовом анализе.....	21
КОВАЛЕНКО Н.А., КОЗАЧОК Д.А., ЛОБАХ В.П. Анализ эффективности работы системы управления запасами топлива в автотранспортных организациях.....	22
ЛЕСКОВЕЦ И.В., ЛЕОНЕНКО О.В., БУЖИНСКИЙ А.Д. Влияние параметров гусеничной машины на величину и распределение давления на грунт.....	24
ЛИННИК Д.А. Задачи создания эффективных виброзащитных систем колесных машин.....	26
ЛОБАХ В.П., КОВАЛЕНКО Н.А., ЛОБОРЕВ И.М., РЕУТ Ю. М. АБС для автомобиля.....	28
МАТУСЕВИЧ С.В., ТОЛСТИК К.Л. Расчет вентиляции в помещениях для хранения автомобилей.....	30

онно-справочные материалы по учебным дисциплинам, а также программное обеспечение, позволяющее комплексно использовать их для самостоятельного изучения дисциплины и контроля знаний. Такой учебник может распространяться как по каналам связи университетской корпоративной сети, каналам сети Internet в случае дистанционного обучения, так и на носителях, например, на лазерных дисках, которые могут использоваться также и в качестве методического обеспечения учебной дисциплины.

В работе уделяется также внимание технологиям, базирующимся на сетевых- и Internet-ресурсах, которые становятся одним из основных приоритетов в развитии образования. При этом особое внимание уделяется технологии разработки и использования Internet-учебника, который представляет собой не просто учебное пособие, а является постоянно развивающейся обучающей и справочной средой, обладает свойством тиражирования без носителя и имеет такие преимущества, как: сокращение пути от автора учебника к студенту; возможность оперативного обновления содержания учебника; сокращение расходов на издание; возможность включения любого, имеющегося в сети Internet дополнительного материала. Так, в сетевых информационных ресурсах центра дистанционного обучения содержатся разработанные авторами учебно-методические материалы упомянутой выше кафедры по таким учебным дисциплинам, как "Информатика", "Моделирование систем", "Интернет технологии" и другие.

Для более глубокого изучения дисциплин и контроля знаний студентов используются специальные обучающие и контролирующие программы, в том числе представленные на сайте *fero.ru*.

Эффективность использования интерактивных технологий во многом зависит от преподавателя, от того, как он применяет те или иные педагогические и технические приемы. Поэтому, при объяснении нового материала на лекции применяются как проверенные методы работы с обыкновенной доской, так и набор интерактивных и мультимедийных средств. Повышению эффективности образовательного процесса способствуют также использование наглядных ресурсов и видеоматериалов, а также презентаций, используемых на лекционных и практических занятиях.

Таким образом, рациональное использование в учебном процессе изложенных приемов позволяет оптимизировать процесс обучения и экономить время студентов на усвоение изучаемого материала, а предлагаемая образовательная технология способствует повышению инновационной культуры и уровня компетенций выпускаемых университетом специалистов для их успешной инновационной деятельности в профессиональной среде.

УДК 630*36

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ
НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ
С ВЕРХНИМ ВЫБРОСОМ ЩЕПЫ

А. О. GERMANOVICH, В. Н. LOY, С. Е. ARIKO, С. А. GOlyAKEVICH

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Производство изделий из древесины образует комплекс разнообразных сложных технологических процессов, тесно взаимосвязанных между собой. Комплекс производства в зависимости от назначения, вида потребляемого сырья и степени переработки его в готовую продукцию можно разделить условно на две составляющие. В первую составляющую входят все производства, связанные главным образом с добычей сырья, его транспортировкой и подготовкой к переработке, зачастую с выработкой полуфабрикатов или готовую продукцию в небольшом объеме. Во вторую составляющую входят производства, основная цель которых переработка сырья и материалов, полученных от первой составляющей производств и выработка окончательной готовой продукции или полуфабрикатов, изготовленных в результате глубокой переработки первичного сырья. Как и в первой, так и во второй составляющей лесопромышленного комплекса неизбежно образуются отходы.

В последние годы для лесной промышленности Республики Беларусь все большую актуальность приобретает проблема рационального использования лесосырьевых ресурсов за счёт применения малоотходных и безотходных технологий заготовки и переработки древесины. В связи с этим основным направлением развития лесной и деревообрабатывающей промышленности является переработка отходов и низкокачественной древесины на технологическую и топливную щепу.

Все древесное сырье, идущее для производства щепы, измельчается при помощи рубильных машин. Мобильная рубильная машина представляет сложную конструкцию взаимосвязанных между собой узлов и механизмов, которые, как правило, приводятся в действие от автономного двигателя через механические и гидравлические передачи. Мощность автономного двигателя расходуется на основные операции (измельчение, подача сырья посредством транспортера и вальцов, транспортирование щепы к вентилятору и выброс щепы) и на вспомогательные. Наиболее энергоёмкой операцией в процессе работы рубильной машины является непосред-

ственно само измельчение древесного сырья, а также его выброс при помощи вентилятора.

При пневматическом удалении щепы из кожуха рубильной машины в бункер-накопитель энергия затрачивается на подъем материала из нижней части кожуха в его верхнюю часть и на создание кинетической энергии при сходе частиц с лопаток вентилятора. Теоретическими исследованиями установлено, что большое влияние на расход энергии оказывают физико-механические свойства древесного сырья. Так, при измельчении сырой древесины происходит увеличение мощности привода вентилятора почти в 2 раза по сравнению с абсолютно сухой (рис. 1). Максимальное значение мощности достигается при выбрасывании свежесрубленной березы, которое составляет 41 кВт.

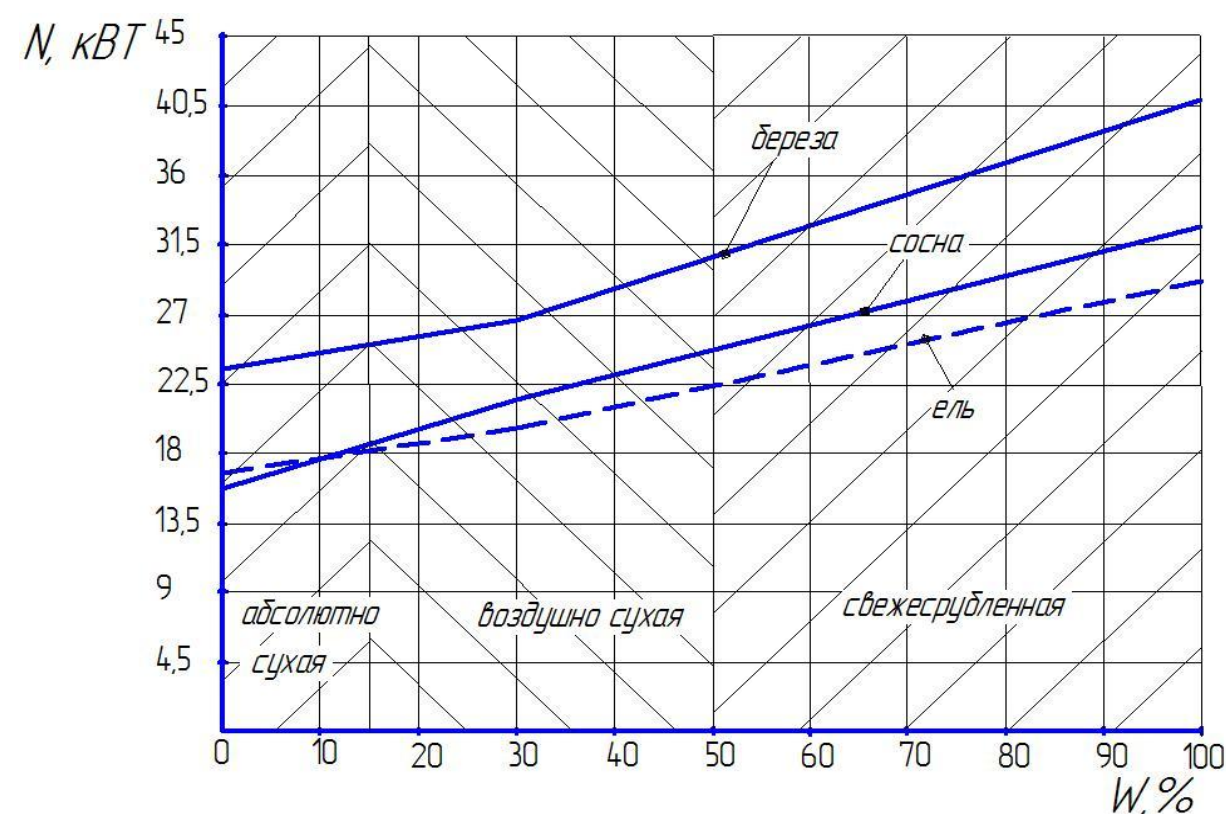


Рис. 1. Зависимости изменения мощности привода вентилятора рубильного модуля от изменения влажности и породы измельчаемого лесоматериала

При необходимости удаления щепы пневматическим путем целесообразно: в конструкцию самой машины заложить принципы, обеспечивающие допустимые окружные скорости лопаток вентилятора и более или менее равномерную подачу щепы в щепопровод, независимо от толщины измельчаемого древесного сырья; измельчать древесное сырье, с минимально возможной влажностью, что обеспечит снижение энергозатрат на привод рубильной машины.

Э. И. ЯСЮКОВИЧ, В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ, Ю. Д. СТОЛЯРОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Развитие информационных технологий способствует преобразованию общества от индустриального к информационному и к обществу знаний. Если классические университеты индустриального общества нацелены на подготовку высококвалифицированных кадров для экономики, бизнес-университеты информационного общества – на производство образовательных услуг, то инновационные университеты являются центрами научного и инновационного развития.

Система образования в информационном обществе направлена на подготовку нового типа специалиста профессионала, отличающегося глобальностью мышления, аристократичностью духа и энциклопедичностью знаний, способного к творческой работе на этапах исследования, конструирования, разработки технологий и готового к предпринимательской деятельности. В связи с этим выдвигаются и новые задачи внедрения в процесс подготовки кадров высшей квалификации новых эффективных технологий, базирующихся на инновациях. Последние выдвигают новые цели, содержание, методы, формы, средства обучения и способы взаимодействия преподавателя и студента.

Инновационное образование – это процесс целенаправленного формирования определенных знаний, умений и методологической культуры, т. е. комплексной подготовки и переподготовки специалистов в области техники и технологий, а также инженерной деятельности за счет использования современных методов и технологий обучения. Процесс подготовки в этом случае нацелен на использование элементов инноваций, так как предполагает широкое использование современных технических средств и информационно-коммуникационных технологий. Так на кафедре «Автоматизированных систем управления» Белорусско-Российского университета при выполнении курсовых проектов и работ студентам рекомендуется руководствоваться такими критериями, как наглядность, информативность, полнота раскрытия темы, доступность представления материала, логичность и последовательность, грамотность.

Важным элементом в современном образовании является электронный учебник, который представляет собой автоматизированную обучающую систему, включающую дидактические, методические и информаци-

Узлы учета тепловой энергии и воды устанавливаются либо на вводе в здание трубопроводов системы районного тепло- и водоснабжения, либо в составе индивидуальных тепловых пунктов.

Основным элементом узла учета тепловой энергии является счетчик тепловой энергии, в состав которого входят расходомер, термомпары и датчики давления, устанавливаемые на прямом и обратном трубопроводах системы отопления, а также вычислитель.

Наиболее распространенными являются ультразвуковые, индукционные и механические расходомеры. Вычислитель выполняет функции регистрации и хранения информации о расходе, температуре и давлении теплоносителя.

В настоящее время в связи с приватизацией (квартир) предприятий сферы обслуживания, а также с ростом стоимости энергоносителей, актуальным является переход от групповых тепловых пунктов к индивидуальным (ИТП), расположенным в отапливаемом здании. Это позволяет применить более эффективную систему авторегулирования отопления для протяженных зданий или центральную с коррекцией по температуре внутреннего воздуха в точечных зданиях, позволяет отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения, снизив потери тепла при транспортировке и расход электроэнергии на перекачку бытовой горячей воды. Причем это целесообразно делать не только в новом строительстве, но и при реконструкции существующих зданий.

Правильное использование теплоносителя обеспечивается применением эффективных систем автоматизации управления. Сейчас имеется большое количество компьютерных систем, которые могут выполнить любые по сложности задачи управления, но определяющими остаются технологические задания и схемные решения подключения систем теплопотребления. Они зависят от конструкции систем отопления.

В 2-трубных системах отопления, в которых термостаты, закрываясь, приводят к сокращению расхода теплоносителя, циркулирующего в системе, при элеваторном присоединении будет расти температура воды в подающем трубопроводе, а затем и в обратном, что приведет к увеличению теплоотдачи нерегулируемой части системы (стояков) и к недоиспользованию теплоносителя.

В однетрубной системе отопления с постоянно действующими замыкающими участками при закрывании термостатов горячая вода без остывания сбрасывается в стояк, что также приводит к росту температуры воды в обратном трубопроводе. Поэтому в таких системах обязательно осуществляется автоматическое регулирование температуры воды в подающем трубопроводе в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

УДК 629.113
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА АВТОРЕЗИНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ
МЯГКИХ ЗИМ

Н. Н. ГОБРАЛЕВ, М. А. ГЮЛЬАЛИЕВ

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

С наступлением осенних холодов и выпадением снега службы безопасности дорожного движения настоятельно рекомендуют переоснащать колеса автомобилей зимними покрышками. Чем это мотивируется? Ведь на первый взгляд кажется, что шина – это просто кусок резины, степень конструктивной сложности которой значительно меньше, чем у других узлов.

Причины скрываются в следующем. Покрышка есть связующее звено автомобиля с дорогой, и надежное ее функционирование определяет его безопасность. К тому же, она изготовлена из полимерного материала, свойства которого значительно зависят от окружающих условий.

Летом дорожное полотно сухое, хорошо прогретое, коэффициент сцепления с автошиной близок к 1.0. Проходящие дожди лишь кратковременно повышают его влажность и образуют на нем лужи. В этих условиях в целях экономии топлива предпочтительнее жесткие шины с невысоким коэффициентом сопротивления качению. Высота их протектора должна быть более 1,6 мм для обеспечения пятна контакта при аквапланировании не менее 16 %.

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, зимой автошина для обеспечения достаточного пятна контакта должна быть выполнена из мягкой резины, а для улучшения «прилипаемости» ее к дорожному покрытию иметь в своем составе специальные добавки. Особые требования предъявляются к протектору. Его рельеф должен обеспечивать отвод воды и снежной шуги из зоны контакта. Выступы протектора должны быть высотой более 4,5 мм и иметь хаотично чередующиеся участки большей и меньшей твердости.

Анализ требований, предъявляемых к автомобильной шине зимой и летом, показывает, что универсальной, одинаково работающей в этих условиях конструкции не существует. Поэтому фирмы-производители авто-

покрышек однозначно утверждают, что каждому сезону года должна соответствовать своя резина: лету – летняя, зиме – зимняя, либо в виде шипованной, либо фрикционной (всесезонной). Так компания Nokian Tyres, в целях обеспечения повышенной безопасности движения зимой, рекомендует на автомобилях, не оснащенных системами ABS и ESP, применять только шипованную резину.

Но насколько приемлемы шипованные автопокрышки для стран центральной и западной Европы? Зима в этих регионах характеризуется относительно низкими температурами. Сплошной снежный покров на автодорогах отсутствует. Иногда бывают наледи, но нередки и участки чистого ото льда асфальтобетонного полотна. Шипованная резина быстро теряет шипы и становится простой фрикционной. Их хватает на 2–3 сезона при продолжительности сезона в среднем до 3-х месяцев. Кроме того, шипованная резина более шумная, что при езде на дальние расстояния действует усыпляюще. Поэтому с учетом названных особенностей предпочтительнее на автомобилях применять фрикционную зимнюю резину, и она уже будет эксплуатироваться в течение 4–5 месяцев.

Конечно же, эффективность ее работы будет выше, если удастся повысить сцепные качества. Альтернативой шипам могут стать твердые мелкие зерна-включения в протекторном слое. Их можно добавлять в каучук на этапе смешивания сырой резины. Тогда они будут равномерно распределены по всей массе слоя. И если металлические шипы по мере износа наружной поверхности покрышки вылетают, эти зерна-включения будут в этом случае оголяться и взаимозамещаться, обеспечивая в пятне контакта шины с дорогой постоянный абразив. К тому же, производство автопокрышек такого типа более технологично, чем с металлическими шипами.

Конечно, при анализе этой идеи возникают логичные вопросы: как прочно эти зерна-включения будут держаться в протекторе, насколько они изменять тормозные свойства автопокрышки, какое влияние они окажут на ламели протектора, не приведет ли их включение в протектор к его повышенному износу и т.д.

УДК 621.313

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А. В. ЯНКОВИЧ, Л. В. ЖЕСТКОВА, Г. В. ЛАБКОВИЧ

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

Снижение расхода теплоты в системах отопления может быть достигнуто за счет применения более совершенной регулировочной арматуры и автоматически действующих приборов.

Система отопления конкретного помещения нуждается как в централизованной, так и в индивидуальной регулировке, которая необходима в связи с периодическими изменениями внешних условий (поступлениями в помещение солнечной энергии, бытовых тепловыделений, инфильтрации наружного воздуха). Эти тепловыделения не совпадают по времени, поэтому представляется возможным использовать их для снижения расхода теплоты при наличии автоматически действующих регуляторов, установленных у каждого нагревательного прибора. Такие регуляторы позволяют экономить не менее 12 % топлива, расходуемого на отопление зданий.

Индивидуальное регулирование теплоотдачи отопительных приборов дает возможность поддерживать температуру воздуха в помещениях в соответствии с индивидуальными возможностями и запросами. Однако применение индивидуальных регуляторов не исключает выполнение местного авторегулирования на вводе системы отопления, так как работа терморегуляторов приводит к прикрытию или полному закрытию протока воды через приборы, что ведет к сокращению циркуляции в системе отопления. Но расход сетевой воды через сопло элеватора практически не зависит от внутренних условий режима работы системы отопления, поэтому сокращение циркуляции приводит к уменьшению подмешивания и, как следствие, к увеличению температуры обратной воды, что неэкономично при теплоснабжении от ТЭЦ.

Однотрубные системы отопления, применяемые в жилищном строительстве, малопригодны для индивидуального регулирования с целью получения экономии теплоты, так как являются системами «коллективного пользования» и не обладают достаточной гидравлической и тепловой устойчивостью, что является необходимым условием эффективного использования индивидуальных регуляторов.

Экономические показатели от внедрения мероприятий по повышению эффективности работы систем отопления, в частности, вследствие автоматизации, оцениваются той экономией теплоты, которая при этом достигается.

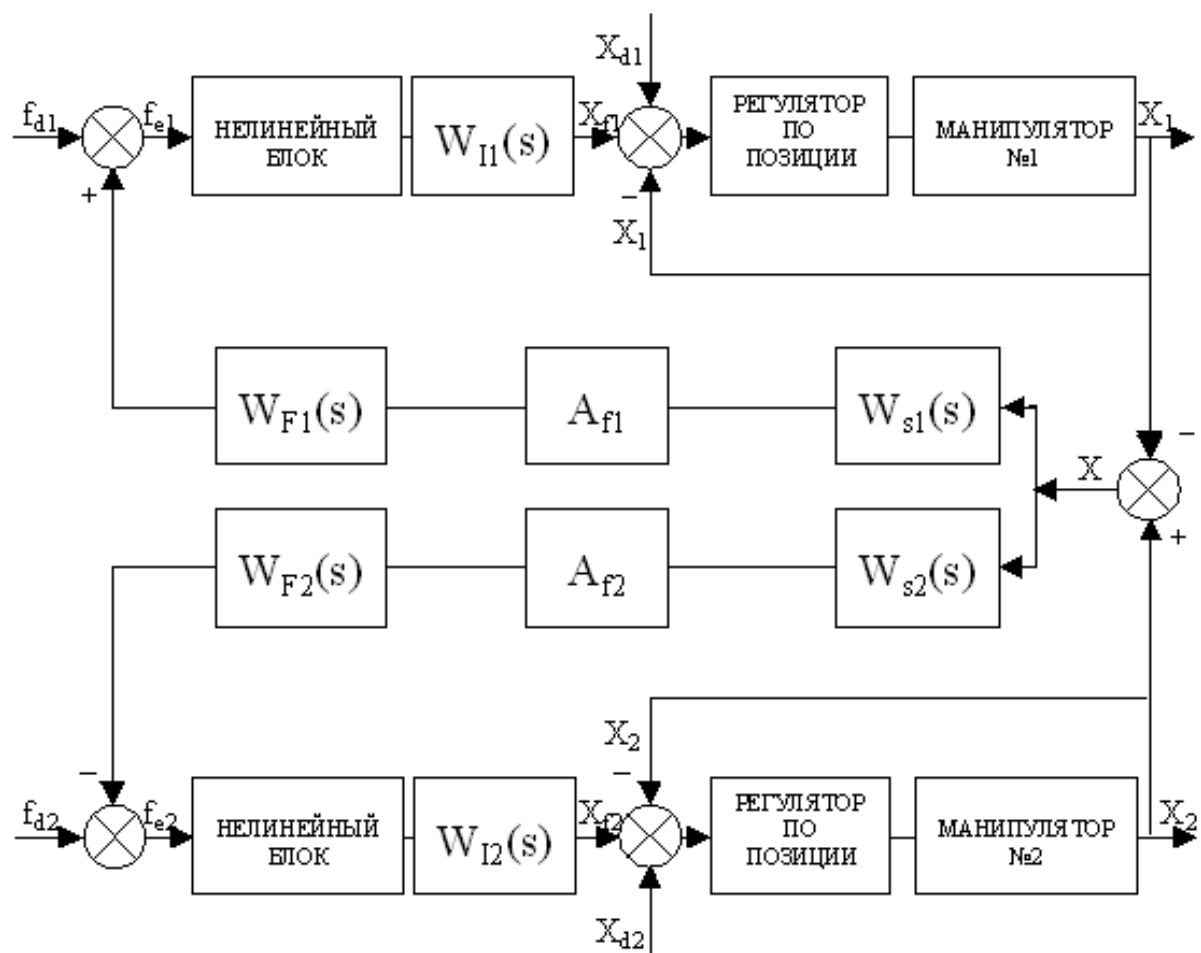


Рис. 1. Система управления двумя манипуляторами с контуром управления по силе

Устойчивость данной системы управления можно доказать используя второй метод Ляпунова. Математическое моделирование осуществлялось для задачи, когда два манипулятора, объединены общей нагрузкой и выполняют совместную операцию по перемещению металлической балки. В результате проведенных исследований получили, что переходные процессы, протекающие в исследуемой системе управления, монотонны, предложенная нелинейная система управления с контуром управления по силе устойчива и обеспечивает более точную отработку запланированных перемещений.

УДК 630*36:621.7
 ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
 КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЩЕГО МОСТА АВТОБУСА МАЗ

С. А. ГОЛЯКЕВИЧ, С. П. МОХОВ, С. Н. ПИЦОВ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ
 Учреждение образования
 «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ»
 Минск, Беларусь

По результатам экспериментальных исследований прочности и усталостной долговечности ведущего моста portalного типа для супернизкопольных автобусов «МАЗ» были выявлены детали и элементы сопряжений с низким ресурсом: опорные балки, верхние болты соединения опорных балок моста с картером бортового редуктора, болты соединения цапф с бортовым редуктором и др. Для определения причин низкой долговечности указанных элементов и разработки рекомендаций по корректировке конструкторской документации было проведено компьютерное конечно-элементное моделирование работы мест сопряжений цапф и балок с бортовым редуктором portalного моста.

При конечно-элементном моделировании взаимодействия опорных балок с бортовым редуктором, учитывалось предварительное натяжение крепежных болтов и трение сопрягаемых поверхностей. Величина прикладываемого к балке усилия составляла удвоенному значению статической нагрузки $F_{ст}$. При расчетах усталостной долговечности нагрузка изменялась с амплитудой $\pm F_{ст}$ и частотой 3 Гц относительно $F_{ст}$.

С целью увеличения точности получаемых результатов при расчетах применялась тетраидальная конечно-элементная сетка с размерами ребер конечного элемента 5 мм. В областях концентрации напряжений величина ребер элементов уменьшалась до 5 раз.

При исследовании усталостной долговечности конструкции сопряжения опорной балки с portalным редуктором полагалось, что детали сопряжений выполнены при строгом соблюдении конструкторской документации, обладают равномерной по объему структурой металла имеющего заданные физико-механические свойства.

Реализация разработанной конечно-элементной модели в среде ANSYS [1] подтвердила результаты экспериментальных исследований. Теоретические исследования показали, что наименее долговечными деталями сопряжения являются верхние болты крепления и проушина опорной балки. Установлено, что потеря работоспособности соединения наступит через 112620 циклов нагружения переменной нагрузкой, вследствие разрушения верхних болтов крепления и через 474200 циклов нагружения, вследствие разрушения верхней проушины опорной балки. При этом оба

отказа являются независимыми.

Проведенные исследования позволили выработать ряд направлений повышения прочности исходной конструкции ведущего моста порталного типа: использование дополнительного ребра жесткости, увеличение толщины проушины за счет фрезерования лишь посадочных отверстий под болты ее крепления, увеличение толщины проушины за счет наращивания задней стенки, снижение уровня положения болтов.

Использование дополнительного ребра жесткости в конструкции верхней проушины позволяет перераспределить напряжения и уменьшить их величину в местах концентрации на 180 МПа. Теоретические исследования показали, что при наличии ребра жесткости в конструкции верхней проушины безотказная работа сопряжения будет обеспечена в течении 106 циклов нагружения, за исключением болтов крепления, чей ресурс увеличится до 428 тыс. циклов. Масса опорной балки при этом незначительно увеличится на 140 г. и составит 30,025 кг.

Для повышения долговечности опорных балок порталного моста согласно расчетам рекомендуется применить в их конструкции ребра жесткости шириной 20 мм или отказаться от фрезерования передней грани верхней проушины и снизить уровень положения болтов ее крепления от 7 до 12 мм. Установлено, что применение ребра жесткости в нижней части опорной балки не является эффективным. Указанные рекомендации можно также использовать совместно.

Для обеспечения безотказной работы сопряжения опорных цапф с бортовым редуктором следует вместо 2-х нижних пар винтов с диаметрами ножек 14 мм применять винты с диаметрами ножек 16 мм.

В качестве дополнительной меры способствующей более равномерному распределению напряжений в деталях указанного сопряжения можно использовать фаски на посадочных отверстиях цапфы.

Приведенные изменения конструкции позволяют снизить эквивалентные напряжения в элементах сопряжения цапфы с бортовым редуктором до требуемого уровня и обеспечить безотказную работу сопряжения в течении 10^6 циклов нагружения с заданной нагрузкой.

Для увеличения прочности и усталостной долговечности опорных винтов, возможно их изготовление с использованием следующих марок сталей [2]: 45X ($\sigma_n = 1170$ МПа и $\sigma_{-1} = 600$ МПа при закалке в масле и высоком отпуске), 45Г2 ($\sigma_n = 1220$ МПа и $\sigma_{-1} = 610$ МПа).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Огородникова, О. М.** Конструкционный анализ в среде ANSYS / О. М. Огородникова. – Екатеринбург : УГТУ – УПИ, 2004. – 305 с.
2. **Трощенко, В. Т.** Сопротивление усталости металлов и сплавов / В. Т. Трощенко, Л. А. Сочновский // Киев : Наукова думка, 1987. – 207 с.

УДК 621.791 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРАМИ С КОНТУРОМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СИЛЕ

И. Н. ЩЕРБАК
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В процессе современного развития науки и техники все большее распространение получают манипуляторы. Манипуляторы чаще всего имеют только контур управления по позиции. Для повышения точности движения манипулятора вдоль заданной траектории помимо контура управления по позиции можно построить контур управления по силе. С его помощью компенсируются ошибки, связанные с большими ускорениями, с силами возникающими при наличии трения, при контакте манипулятора с внешней средой.

В некоторых задачах, таких как: сборка, транспортировка, сварка, обработка деталей и некоторых других технологических процессах требуется использование несколько манипуляторов, которые должны выполнять совместную работу. Очевидно, что эти манипуляторы объединены общей нагрузкой или объектом управления и их управление должно осуществляться одной общей системой управления. Необходимо создать многосвязную систему управления манипуляторами с дополнительным контуром управления по силе.

Традиционно управление манипуляторами осуществляется по принципу один манипулятор – ведущий, а остальные – ведомые. Иными словами ведущий манипулятор осуществляет запланированное перемещение, а ведомые манипуляторы работают в режиме “податливого” перемещения, то есть перемещаются в направлении сил, действующих на манипулятор. Как показали исследования, использование вышеуказанных способов управления не позволяют получить достаточно хорошие результаты.

Была предложена новая нелинейная система управления несколькими манипуляторами с дополнительным контуром управления по силе (Рис. 1), где $W_{s1,2}(S)$ – передаточная матричная функция первого и второго силомоментного датчика; $A_{F1,2}$ – матрица разделения сил и моментов сил; $W_{F1,2}(S)$ – передаточная функция фильтров; $W_{I1,2}(S)$ – передаточная функция интеграторов. Данная система осуществляет управление двумя или более манипуляторами, представляя их, как единый объект управления, то есть отсутствуют понятия ведомый и ведущий манипулятор, так как все манипуляторы являются равнозначными и представлены как один общий объект управления.

УДК 621.65:658.26
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В
СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. Н. ШАПЧИЦ, Е. Л. МИХАЛЬЦОВА, Н. А. АРТЕМЬЕВА
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
КОЛЛЕДЖ»
Могилев, Беларусь

Объемы воды, потребляемой промышленными предприятиями и в домах жилого сектора в течение суток, значительно изменяются. В периоды наименьшего потребления (например, ночью), насосы с нерегулируемыми электроприводами, подающие воду, работают с перегрузками, так как снижение расхода приводит к возрастанию давления в системе и для закачки новых объемов воды требуются большие затраты электроэнергии. Перепады давления негативно сказываются также на работе всего оборудования, работающего в системе, снижая его надежность и долговечность.

В учреждении образования «Могилевский государственный политехнический колледж» разработан и применяется в учебном процессе стенд для исследования энергоэффективности использования на насосных станциях управляемых электроприводов с частотными преобразователями. Особенность применения подобных устройств для управления режимами работы центробежных насосов заключается в следующем. Давление жидкости в системе контролируется датчиками и сигналы с их выходов используются для регулирования частоты вращения электродвигателя центробежного насоса и действующего значения подаваемого на него питающего напряжения. При уменьшении расхода воды частота вращения и питающее напряжение падают, что закономерно отражается на производительности оборудования. Это приводит к поддержанию давления в системе на заданном уровне и к режиму пониженного энергопотребления электроприводом.

Стенд содержит баллон с водой, манометр, расходомер, насос, кран, систему управления асинхронным электродвигателем на основе частотного преобразователя и измерительные приборы. Значение регулируемых параметров отражается на цифровых светодиодных индикаторах. Открытое исполнение стенда позволяет использовать его как действующий макет для наглядного изучения внутреннего устройства системы управления. Он удобен в эксплуатации и позволяет продемонстрировать экономию электроэнергии при использовании частотных преобразователей в управлении режимами работы центробежных машин, в которых задействовано около 90 % всех используемых электроприводов.

УДК 621.9
АВТОТРАНСПОРТ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА. СВИНЕЦ

Е. В. ЖАРАВОВИЧ, И. Н. ФОЙНИЦКАЯ, П. В. ЧУБАКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Загрязнение окружающей среды свинцом и его соединениями во всем мире признается одной из главных проблем экологии и охраны здоровья населения.

В настоящее время промышленные предприятия, урбанизированные территории и транспортные артерии являются значительными источниками образования и накопления в объектах окружающей среды соединений свинца – токсичного металла 1-го класса опасности. Доля техногенного свинца в природных средах, в том числе и в почвах индустриальных центров, на один – два порядка превышает его природный фон. Среднегодовой прирост концентраций свинца в промышленных центрах составляет 3–5 и более процентов.

Необходимо отметить, что с точки зрения наносимого экологического ущерба, автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия: загрязнение воздуха – 95 %, шум – 49,5 %, воздействие на климат – 68 %.

В частности, при работе двигателей транспортных средств образуются “условно твердые” выбросы, состоящие из аэрозольных и пылевидных частиц. В наиболее значительном количестве образуются выбросы соединений свинца и углерода (сажи).

Выбросы соединений свинца происходят одновременно с выбросами отработавших газов при работе двигателей внутреннего сгорания автомобилей на этилированном бензине. Соединения свинца в настоящее время употребляются в качестве антидетонирующей добавки в этилированном бензине.

Считается, что около 20 % общего количества свинца разносится с газами в виде аэрозолей, 80 % выпадает в виде твердых частиц размером до 25 мк и водорастворимых соединений на поверхности прилегающих к дороге земель, накапливается в почве на глубине пахотного слоя или на глубине фильтрации воды атмосферных осадков.

В организм человека большая часть свинца поступает с продуктами питания (от 40 до 70 % в разных странах и по различным возрастным группам), а также с питьевой водой, атмосферным воздухом, при курении, при случайном попадании в пищевод кусочков свинецсодержащей краски или загрязненной свинцом почвы.

С атмосферным воздухом поступает незначительное количество свинца – всего 1–2 %, но при этом большая часть свинца абсорбируется в организме человека.

Свинец влияет на нервную систему человека, что приводит к снижению интеллекта, вызывает изменение физической активности, нарушение координации слуха, воздействует на сердечно-сосудистую систему, приводя к заболеваниям сердца.

Сокращение выбросов свинца в атмосферу от автомобильного транспорта может быть обеспечено за счет изменения в конструкции автомобильных двигателей с целью замещения бензина альтернативными видами топлива (газ, спиртовые топлива, биогаз, водород и др.), расширение использования для двигателей внутреннего сгорания автомобилей сжатого природного газа и сжиженного нефтяного газа.

Кроме указанных мероприятий снижению потребления свинецсодержащих бензинов способствуют:

- выпуск и широкое использование грузовых автомобилей различной грузоподъемности и автобусов с дизельными двигателями (например, увеличение парка дизельных грузовых автомобилей до 50 % обеспечит снижение поступления свинца в окружающую среду от грузового автотранспорта на 22 %);

- обеспечение контроля за качеством топлива, поступающего в продажу;

- совершенствование организации и регулирования дорожного движения, позволяющее снизить расход топлива автотранспортными средствами при их движении по улично-дорожной сети на 10–15 % за счет ограничения максимальных скоростей движения, выравнивания скоростей движения в транспортном потоке, повышения равномерности движения и снижения задержек на пересечениях;

- совершенствование контроля технического состояния эксплуатируемого автотранспорта, являющееся резервом снижения расхода топлива в среднем на 5–7 %;

- учет транспортной составляющей в градостроительной политике; развитие системы общественного пассажирского транспорта (сокращение транспортных потребностей населения, создание компактных селитебных зон с развитой торговой и сервисной инфраструктурой, имеющих хорошую и доступную транспортную связь с центральными частями городов и промышленными зонами с использованием общественного пассажирского транспорта, предпочтительно электрифицированного);

- совершенствование элементов государственной политики в области управления работой транспорта (механизмы ценовой, тарифной и налоговой политики, стимулирующие производство и использование более экономичной автотранспортной техники, создающие равные условия конкуренции между различными видами транспорта).

следующая информация: а) классификация зон, например класс зоны; б) температура воспламенения слоя горючей пыли; с) температура воспламенения облака горючей пыли.

Вид взрывозащиты должен быть выбран согласно классу зоны и соответствующего уровня взрывозащиты. Зависимость между видами и уровнями взрывозащиты представлена в табл. 1.

Табл. 1. Зависимость между видами и уровнями взрывозащиты

Класс зоны «>>» / уровень взрывозащиты «>>»	Вид взрывозащиты	Соответствующий стандарт МЭК	Альтернативная маркировка вида взрывозащиты в соответствии с ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»
Класс зоны «20» / уровень взрывозащиты «Da»	«iD»	60079-11	«ia»
	«mD»	60079-18	«ma»
	«tD»	60079-31	«ta»
	«sD»	60079-33	«sa»
Класс зоны «21» / уровень взрывозащиты «Da» или «Db»	«iD»	60079-11	«ia» или «iv»
	«mD»	60079-18	«ma» или «mv»
	«tD»	60079-31	«ta» или «tv»
	«pD»	60079-2	«pv»
Класс зоны «22» / уровень взрывозащиты «Da», «Db» или «Dc»	«iD»	60079-11	«ia», «iv» или «ic»
	«mD»	60079-18	«ma», «mv» или «mc»
	«tD»	60079-31	«ta», «tv» или «tc»
	«pD»	60079-2	«pv» или «pc»
	«sD»	60079-33	«sa», «sv» или «sc»

Примеры маркировок электрооборудования для применения во взрывоопасных пылевых средах:

а) электрооборудование с уровнем взрывозащиты Da и видом взрывозащиты «искробезопасность «ia» для применения во взрывоопасных пылевых средах, содержащих непроводящую пыль подгруппы ПВ, с максимальной температурой поверхности менее 120 °С:

Ex ia ПВ T120 °С Da.

б) электрооборудование с уровнем взрывозащиты Dv и видом взрывозащиты «защита оболочки «t» для применения во взрывоопасных пылевых средах, содержащих проводящую пыль подгруппы ПС, с максимальной температурой поверхности менее 175 °С:

Ex t ПС T175 °С Dd.

Выбор электрооборудования, специально предназначенного для применения во взрывоопасных пылевых средах с учетом рассмотренных требований, гарантирует безопасную работу предприятий.

УДК 621.3
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПЫЛЕВЫХ
СРЕД

Л. Г. ЧЕРНАЯ, М. П. СЛУКА, В. Н. АБАБУРКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На предприятиях мукомольной и деревообрабатывающей промышленности большая часть пыли, перерабатываемой, используемой и хранящейся, является горючей. Часто возникает необходимость использовать электрооборудование в местах, опасных по воспламенению горючей смеси, при этом возникает опасность воспламенения в следующих случаях:

- температура поверхности электрооборудования выше минимальной температуры воспламенения присутствующей пыли. Температура, при которой пыль воспламеняется, зависит от свойств пыли, от того, где пыль находится - в облаке или в слоях, от плотности слоя и размеров источника температуры;
- образование дуги или искр электрических частей (проводников, контактов, переключателей, щеток и т.д.);
- накопление электростатического заряда;
- электромагнитное излучение;
- механическое искрение или искрение при трении, накаливании.

Во избежание опасности воспламенения необходимо, чтобы:

- температура поверхностей, на которых присутствует пыль или которые должны находиться во взаимодействии с облаком пыли, удерживалась ниже температурного ограничения, определенного с учетом температуры воспламенения пыли и коэффициента безопасности;
- электрические искрящие элементы или части, имеющие температуру выше температурного ограничения, находились в оболочке, предотвращающей доступ пыли;
- мощность электрических цепей была ограничена так, что позволило бы избежать электрических дуг, искрения или температур, приводящих к воспламенению горючей пыли;
- отсутствовали любые другие источники воспламенения.

Электрооборудование, выбранное для использования в зоне опасной по воспламенению горючей пыли, должно быть защищено одним из следующих видов защиты или их сочетанием: а) пыленепроницаемые, защищенные от воспламенения оболочки (Ex tD); б) герметизированное оборудование (Ex mD); в) искробезопасное оборудование (Ex iD); г) оболочка под избыточным давлением (Ex pD); д) специальный вид взрывозащиты (Ex sD).

Для того, чтобы выбрать соответствующее электрооборудование для применения в зонах классов 20, 21 и 22 взрывоопасной среды, необходима

УДК 629.113
АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НА СИЛОВОМ АНАЛИЗЕ

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

В современных АБС регулирование базируется на принципах, в основе которых лежит кинематический анализ. При всех преимуществах использования кинематического анализа имеется ряд аспектов, не позволяющих говорить о нём, как об оптимальном алгоритме формирования управляющего воздействия. Так, сложность реализации алгоритмов связана с использованием наукоёмких и дорогостоящих компонентов АБС. Многоэтапность обработки информации, формирование значений силового воздействия, имеющего различную природу со снимаемыми значениями кинематических параметров, изначальная низкая информативность снимаемых параметров являются труднопреодолимыми препятствиями.

Разработка механической АБС на силовом анализе позволяет обойти трудноразрешимые вопросы путём непосредственного анализа силовых факторов с последующим их регулированием. Это позволяет не только упростить алгоритмы управления, не теряя их функциональности, но и повысить эффективность АБС путём исключения наукоёмких, дорогостоящих компонентов, унификацией узлов и объединением их функций (например, система датчиков, блока обработки информации и исполнительного модулятора заменена устройством взаимодействия контроллера и механизма растормаживания).

Рассматривая конструкционные аспекты разработки механической АБС, можно выделить простоту изготовления и ремонта узлов и деталей, исключение гидравлического привода, сложной электроники, что повышает надёжность и понижает стоимость производства. Используемый силовой анализ, являющийся основой для работы механической АБС, как таковой, не требует создания устройств сбора, анализа и преобразования величин одной природы (кинематические параметры) в величины другой (силы и моменты). Следовательно, отпадает необходимость конструкторской реализации ряда узлов и механизмов электронно-гидравлических систем. На их место приходят комбинированные узлы, совмещающие в себе функции различных компонент (упруго-деформирующийся контролируемый элемент, механизм растормаживания тормозного механизма, нажимное устройство тормозного механизма, устройство взаимодействия).

УДК 656.062.6/.8
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ЗАПАСАМИ ТОПЛИВА В АВТОТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Н. А. КОВАЛЕНКО, *Д. А. КОЗАЧОК, В. П. ЛОБАХ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Брест, Беларусь

На процессы материально-технического обеспечения (МТО) процессов обслуживания и ремонта оказывают большое влияние режимы эксплуатации и надежность транспортных средств, система планирования потребности запчастей, квалификация персонала и т.д. Это усложняет процесс определения необходимых запасов, поскольку все эти факторы действуют по-разному, имеют вариацию во времени, а зачастую механизм их влияния слабо изучен, а то и неизвестен. Поэтому на практике планирование потребности в запасных частях и материалах ведется по среднестатистическим нормам, которые могут уточняться и корректироваться для реальных условий эксплуатации.

В связи с колебанием спроса на запасные части и материалы целесообразно иметь их резервные запасы. Если одновременно заказать всю годовую потребность, то затраты на оформление заказа и его доставку будут минимальны, а затраты на хранение – максимальны. Если в течение года осуществлять много заказов, то затраты на хранение запчастей и материалов будут минимальны, а затраты на доставку – максимальны. Поэтому возникает оптимизационная задача минимизации суммарных затрат на МТО реальной автотранспортной организации.

Задача управления запасами формулируется следующим образом. Пусть имеются некоторые запасы, затраты на хранение которых являются функцией их величины (линейной или нелинейной). Известны также затраты на доставку ресурсов. Необходимо определить оптимальный размер поставки, частоту или сроки поступления ресурсов, чтобы суммарные издержки были минимальными. В качестве критерия оптимизации целесообразно использовать сумму затрат на хранение и поставку ресурсов. В общем случае задачи управления запасами сводятся к задачам нелинейного программирования, для которых общих методов решения не существует. Поэтому задачу формирования оптимальных запасов упрощают.

В теории рассматривается целая группа задач, которые позволяют осуществлять управление запасами с учетом количества периодов попол-

- регулирование скорости в диапазоне до 300 с^{-1} ;
- обеспечение режима энергосбережения – при работе на естественной характеристике;
- диагностирование отказов.

При этом номинальная мощность, снимаемая с вала нового электродвигателя, по сравнению со стандартным соответствующего типоразмера повышается в 1,3–1,5 раза.

Стоимость предлагаемой электромехатронной системы (изделия) в 2,5–3,0 раза меньше зарубежных аналогов.

Новые конструктивные решения непосредственно по электромеханике изделия (электродвигателю) также могут быть использованы при усовершенствовании стандартных электродвигателей с тем же эффектом, улучшающим соответствующие параметры в 1,3–1,5 раза.

Отметим в этой связи, что для получения указанных положительных результатов по энергоресурсоэффективности конструктивным изменениям в стандартных электродвигателях были подвергнуты все их основные узлы: магнитопровод ротора и статора, стержневая обмотка ротора и система отвода тепловых потерь [1], а также изменена схема обмотки статора, причем соответствующий электронный модуль управления размещен в несколько увеличенной клеммной коробке электродвигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Парфенович, О. Н.** Новые конструктивные решения для асинхронных с к. з. ротором энергоресурсосберегающих регулируемых электродвигателей / О. Н. Парфенович [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 1 – С. 148–157.

УДК 621.3
НОВЫЕ ПРОРЫВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ
АСИНХРОННЫХ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ
ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

О. Н. ПАРФЕНОВИЧ, О. А. КАПИТОНОВ

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

Современные трехфазные с короткозамкнутым ротором асинхронные электродвигатели общепромышленного применения со времени их изобретения в конце XIX столетия русским инженером Доливо-Добровольским в конструктивном плане практически не получали особых изменений. Разве только, в связи с развитием силовой электроники уже в конце XX столетия, с целью расширения функциональных возможностей указанных электродвигателей, ряд зарубежных фирм начал производство асинхронных электродвигателей, интегрированных в единой конструкции с частотно-регулируемыми электронными преобразователями.

Однако такие электродвигатели (электромехатронные системы) до настоящего времени не получили должного широкого распространения, прежде всего, в связи со значительной их стоимостью (в 4–5 раз больше стоимости непосредственно электромеханики двигателя).

К существенным недостаткам подобных систем можно также отнести их структурную ненадежность (сквозные цепи короткого замыкания в преобразователях), относительно большие потери при четырехкратном преобразовании энергии, при этом температура корпуса преобразователя может быть выше температуры станины двигателя.

Кроме отмеченных, в данной системе, в связи с широтно-импульсным преобразованием энергии возникают большие проблемы с электромагнитной совместимостью, решение которых значительно усложняет конструкцию изделия, требует дополнительных затрат на производство и эксплуатацию.

Авторами разработана новая прорывная конструктивная концепция асинхронного с к. з. ротором энергоресурсосберегающего электродвигателя в электромехатронном исполнении для общепромышленного применения, в котором решаются 5 основных фундаментальных задач автоматизированного электропривода:

- управляемый пуск электродвигателя (причем пусковой момент по сравнению со стандартным, соответствующего типоразмера, увеличен в 1,5–2 раза);
- управляемое торможение;

нения и их характера, в зависимости от характера спроса, номенклатуры запасов и вида целевой функции. Но все они приведены к детерминированным или вероятностно-детерминированным математическим схемам, не отражают сложности всех процессов создания, хранения и потребления запасов и, поэтому, обладают низкой точностью.

С целью повышения эффективности анализа процессов МТО была разработана имитационная вероятностная модель системы управления запасами топлива (самая простая однопродуктовая задача), в которой спрос является случайной величиной. Для разработки программного обеспечения выбрана универсальная среда моделирования GPSS World. В качестве критерия эффективности МТО принят минимум суммарных затрат, включающих затраты на пополнение запасов, затраты на их хранение и издержки «непокрытия», которые возникают в случае, если предприятие не может удовлетворить потребительский спрос из-за отсутствия запасов на складе. Полученная модель проверена на адекватность по критерию Фишера. Она может использоваться для решения различных задач МТО и анализа его эффективности. Например, были смоделированы различные объемы разовых поставок топлива для нужд «Филиала автобусный парк № 1» ОАО «Брестоблавтотранс» (г. Брест) и определены суммарные затраты $C_{\text{сум}}$ с учетом стоимости заказа партии топлива $C_{\text{зак}}$ и его хранения $C_{\text{хран}}$ (рис. 1)

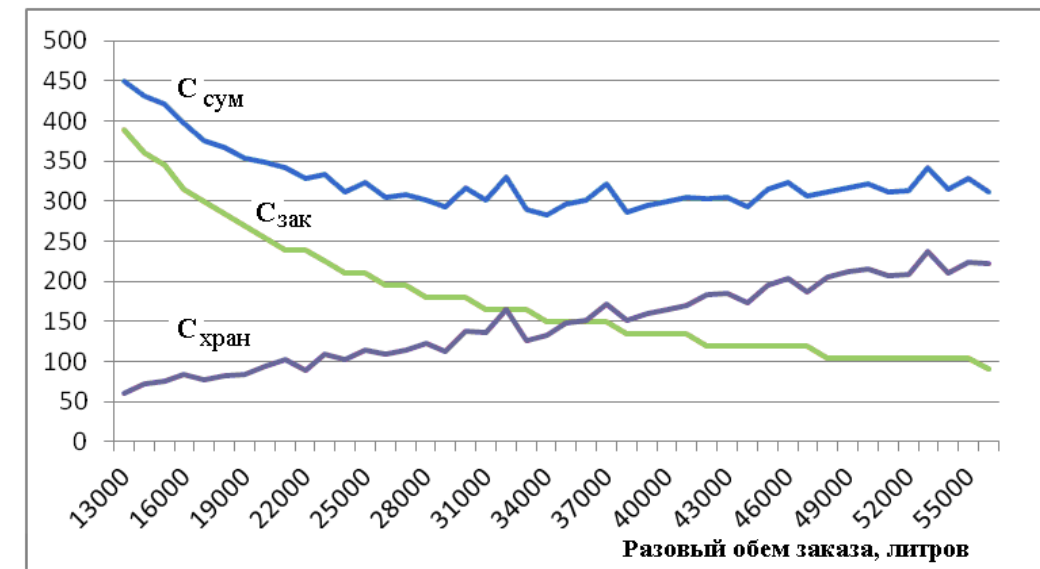


Рис. 1. Зависимость затрат от объема поставляемой партии топлива

Результаты моделирования показывают, что разовая поставка топлива с учетом вероятностного его потребления должна иметь объем 33...39 тыс. литров, а не 14,8 – как в автобусном парке. И тогда организация сможет снизить затраты более, чем на 100 у.е. на каждую поставку приобретаемого топлива.

УДК 621.87:658.512.011.56
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ НА ВЕЛИЧИНУ
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ГРУНТ

И. В. ЛЕСКОВЕЦ, О. В. ЛЕОНЕНКО, А. Д. БУЖИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 23734-98 «ТРАКТОРЫ ПРОМЫШЛЕННЫЕ. Методы испытаний» величина давления гусеничного трактора на грунт определяется на основании данных о массе трактора и площади опорной поверхности гусениц. Такая методика позволяет определить среднюю величину давления на грунт по всей площади опорной поверхности. Конструкция гусеничного движителя и размеры его основных элементов для тракторов разного назначения может быть такой, что часть траков располагается между опорными колесами, особенно это характерно для быстроходных машин. В этом случае величины давления на грунт под разными траками могут отличаться друг от друга. Кроме того, на величины давления под разными траками могут оказывать влияние расположение центра тяжести вдоль продольной оси машины, величины коэффициентов жесткости подвесок колес, которые могут отличаться друг от друга, особенно в машинах с навесным рабочим оборудованием.

В том случае, когда расстояние между опорными колесами так велико, что между ними может располагаться более чем один трак, центр тяжести смещен относительно геометрического центра машины вдоль продольной оси, коэффициенты жесткости подвесок неодинаковы, величины давления на грунт под разными траками будут существенно отличаться друг от друга и не будут равны величине, определяемой по ГОСТ 23734-98. Задача определения величин давления на грунт теоретическим путем является важной, так как во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства эти величины оказывают существенное влияние на результаты производства, например, на величину урожайности в сельском хозяйстве, сохранность окружающей среды в лесном хозяйстве, возможность проведения мелиоративных работ в строительстве.

Авторами разработана методика определения параметров гусеничного движителя на основе имитационного моделирования. Имитационная модель представляет собой программный продукт, фрагмент работы которого для решения поставленной задачи представлен на рис. 1.

ний отдельных участков сети, связанных между собой узловыми точками. Участком является элемент сети с постоянной скоростью теплоносителя в трубопроводе. Каждый участок описывался двумя нелинейными алгебраическими уравнениями. Первое уравнение определяет потерю давления жидкости на участке в зависимости от сопротивления и скорости движения. Второе – определяет изменение температуры жидкости на участке в зависимости от параметров внешней среды, времени суток. Граничные условия на участках обеспечиваются условиями баланса расхода жидкости и равенства температур в узловых точках.

При определении параметров каждого участка сети использовались статистические и экспериментальные методы. Тепловая сеть оборудована большим набором датчиков, следящих за технологическим процессом. Это позволило определить свойства каждого из участков сети и подобрать коэффициенты диссипации и теплоотдачи.

Сложно было спрогнозировать количество тепловой энергии потребляемой потребителями. Для этого фиксировалось ежедневное потребление тепловой энергии всеми потребителями за январь 2010 года. Удалось установить, что оно зависит от трех параметров: температуры окружающего воздуха; скорости ветра; влажности. Коэффициент корреляции для жилого фонда 0,85, для промышленных потребителей 0,7. Очевидно, что САУ должно учитывать все эти параметры окружающей среды.

Вторым важным аспектом является постоянно меняющаяся топология тепловой сети от действий крупных потребителей, аварий, подключения новых потребителей. Изменить математическую модель в ручном режиме и определить новые технологические режимы работы сети в режиме реального времени невозможно. Для решения задачи максимально быстрого формирования математической модели сети был разработан программный комплекс содержащий: графический редактор формирования тепловой сети, блок автоматического формирования системы уравнений, блок определения технологических параметров сети, блок принятия управленческого решения об изменении режимов работы насосных станций.

Графический редактор позволяет диспетчеру изменить топологию сети с помощью набора графических инструментов.

Блок автоматического формирования системы уравнений сформирует топологическую матрицу, которая описывает узловые точки участков. Для решения уравнений используются прикладные библиотеки из математического пакета MATLAB. Блок принятия управленческого решения подбирает значения управляемых параметров технологического режима, соответствующего оптимальному значению целевой функции.

В начальном этапе внедрения САУ устанавливается на отдельном компьютере и предлагает диспетчеру значения управляемых параметров. В дальнейшем планируется подключить ее к контуру управления.

С. К. КРУТОЛЕВИЧ, Н. М. ЩЕРБО

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В современных городах тепловые сети представляют собой сложную структуру трубопроводов, регулирующих элементов, теплообменников и других элементов. В данной работе рассматривалась сеть от ТЭЦ-2 до теплообменных пунктов потребителей. В настоящее время моделируется 8 % тепловой сети г.Могилева. Управление технологическим режимом работы сети обеспечивается с центрального диспетчерского пункта. Диспетчер постоянно контролирует технологические параметры функционирования сети: температуру, давление и расход теплоносителя в отдельных точках сети и поддерживает эти показатели в определенном коридоре возможных значений. Неожиданное изменение режимов работы связано с аварийными ситуациями и несанкционированными действиями крупных потребителей. Управляемыми параметрами являются: температура теплоносителя на входе в сеть, расход теплоносителя (режим работы электромоторов подкачки), дресселирование отдельных участков сети.

Задача разработки системы автоматического управления (САУ) технологическими режимами тепловых сетей является актуальной, так как позволяет снизить себестоимость доставки тепловой энергии потребителям.

Разработка САУ включает ряд последовательных этапов: выбор целевой функции управления и набора ограничений, разработка математической модели объекта управления, разработка алгоритма управления, обеспечивающей оптимальное значение целевой функции, разработка программно-аппаратного комплекса и подключение его к объекту управления.

Цель тепловой сети – доставить каждому потребителю необходимое количество тепловой энергии. Критерий целевой функции – минимальные экономические затраты на доставку тепловой энергии потребителям. Долговечность работы отдельных узлов сети и затраты на ремонт и обслуживание учитывались в системе ограничений на возможные значения технологических параметров.

Математическая модель тепловой сети строилась на основе уравнения Навье-Стокса, описывающего динамику движения жидкости. Учитывались только стационарные режимы работы сети, так как переходные процессы изменения расходов подающих насосов составляют не более 8 процентов времени работы. Математическая модель представляет собой набор описа-

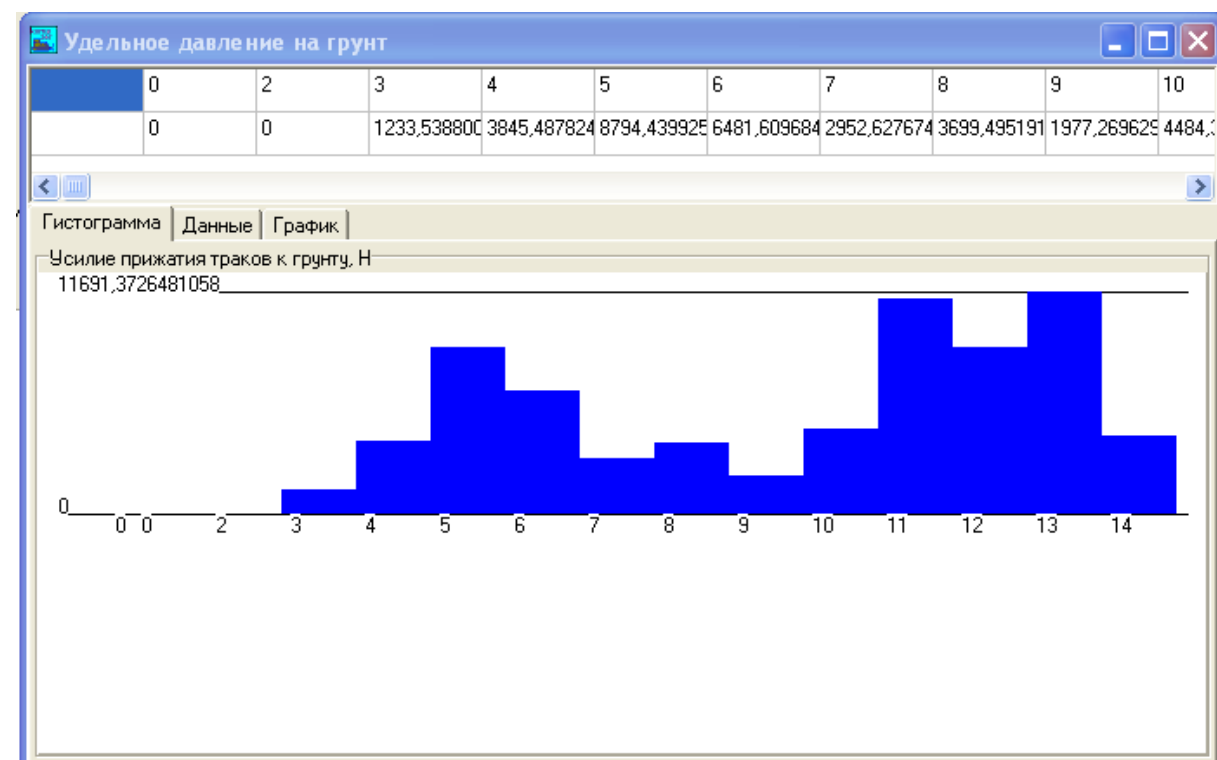


Рис. 1. Результаты расчета и гистограмма распределения сил прижатия траков к грунту

В качестве анализируемой машины принят гусеничный трактор массой 12 тонн, мощностью двигателя 150 кВт, который широко применяется в промышленности и сельском хозяйстве.

Для предварительных расчетов будем считать длину гусеничного движителя (расстояние между центрами ведущего и направляющего колес) равной 5 м. В качестве параметров для проведения вычислительных экспериментов приняты длина трака, расстояние между опорными колесами, величина смещения центра тяжести от геометрического центра машины, коэффициенты жесткости подвесок опорных колес, величина сил натяжения между траками. В качестве функций отклика в вычислительных экспериментах определялись величины среднего давления на грунт машины, максимальное давление на грунт под траком, минимальное давление на грунт под траком, коэффициент неравномерности давления на грунт, который рассчитывался, как отношение максимального давления на грунт под траком к минимальному.

В результате вычислений получены данные, которые позволяют выбрать наилучшие параметры машины с целью уменьшения давлений на грунт под каждым траком.

УДК 629.114
ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ
КОЛЕСНЫХ МАШИН

Д. А. ЛИННИК
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Я. Купалы»
Гродно, Беларусь

В настоящее время Республика Беларусь входит в число десяти основных мировых производителей тракторов, поэтому в условиях ускоренного развития рыночных отношений и обострения конкуренции на мировом рынке тракторостроение страны должно выйти на качественно новый уровень, обеспечивающий высокие технические показатели, повышенную надёжность и долговечность тракторов, которые по условиям труда должны соответствовать требованиям международных стандартов.

Проблема защиты труда водителя от вредных посторонних воздействий представляет задачу не только инженеров, но и одновременно эта проблема решается медиками и юристами. Некоторые нормы безопасности колесных машин регулируются законодательно международными нормами. Таким образом, их конкурентоспособность определяется соблюдением существующих международных норм, которые имеют тенденцию к их ужесточению.

Большинство ведущих фирм Европы, США и Японии вкладывают значительные средства на решение проблем связанных с обеспечением высоких технических показателей, повышением надёжности и долговечности тракторов, тем самым, создавая предпосылки претворения теоретических исследований в практику.

Традиционно основное внимание при решении задач виброзащиты водителя колёсных тракторов уделяется подвеске сиденья и кабины водителя, что объясняется спецификой конструкции трактора и условиями его эксплуатации [1–4].

Задача виброзащиты водителя решается путём создания эффективных систем подрессоривания сиденья и подрессоривания кабины водителя. В современных колёсных тракторах для улучшения виброзащиты водителя колёсного трактора широко используется способ вторичного подрессоривания (подрессоривание кабины).

Создание эффективной виброзащитной системы водителя колёсного трактора представляет собой актуальную задачу, заключающуюся в улучшении труда водителя и его безопасностью.

Ужесточения международных требований по показателям безопасности труда водителя вынуждают многие заводы СНГ, в том числе и Мин-

УДК 62-83
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ
ПОДЧИНЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ
ПРИ ПОМОЩИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЗВЕНА

С. В. КОЛЬЦОВ, К. В. ОВСЯННИКОВ, А. А. КОРНЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Системы, построенные по принципу подчиненного регулирования, получили широкое распространение. При правильной настройке регуляторов, данные системы обеспечивают удовлетворительный переходный процесс. Однако к электроприводам механизмов повторно-кратковременного режима работы, в ряде случаев предъявляются требования быстрого времени протекания переходных процессов при ограниченном перерегулировании. В ряде механизмов имеет место ограниченная жесткость связи между двигателем и рабочим органом механизма или между составными частями рабочего органа. При настройке регуляторов стандартными способами возникают колебания в механической части и это приводит к повышенному износу установки, ухудшению энергетических показателей электропривода, иногда и вовсе делает систему неустойчивой.

С целью подавления негативных колебаний были предложены новые методики настройки контуров, в частности, последовательно-параллельный метод, суть которого заключается в том, что в стандартную многоконтурную систему вводится дополнительное корректирующее звено, связывающее внутреннюю обратную связь с входом регулятора внешнего контура. Как показали исследования, это улучшает динамику переходных процессов.

Предложена настройка, выполненная при помощи пропорционального корректирующего звена. В данном случае, для определения коэффициента передачи применен модальный метод, а качество настройки оценивалось по степени устойчивости замкнутой системы. Поскольку исследовалась структурная схема, содержащая 4 независимые переменные, то применены приближенные методы расчета и, в первую очередь, ограничено значение передаточного коэффициента корректирующего звена. Методом последовательного перебора найден его коэффициент передачи, при котором получается наибольшая степень устойчивости системы. В исследуемой системе получен переходный процесс с быстродействием порядка 0,4 с и перерегулированием менее 1 %. Оценка настройки замкнутой системы по степени устойчивости проще, чем оценка по показателю колебательности, при одинаковых результатах расчетов.

Таким образом, пропорциональное корректирующее звено может, в ряде случаев, заменить ПИД- или ПД-звено без значительного изменения времени регулирования.

- обработка ошибочных и лишних символов, полученных после использования OCR-программ;
- просмотр шрифтов, оптимизация размеров абзаца;
- работа с определением языка слов (поиск слов, состоящих из смеси русских и английских букв, их анализ и замена английских букв в русских словах на русские и наоборот);
- распечатка документа в виде тетради;
- чтение текста – используется встроенная в MS Windows технология Text-to-speech engine.

Интерфейс приложения реализован в виде панели с набором виртуальных кнопок для вызова соответствующих инструментов (рис. 1).



Рис. 1. Интерфейс приложения

Апробация разработанной программы показала её практическую востребованность. Разработка и дополнение инструментов продолжается.

ский тракторный завод нести дополнительные валютные затраты на приобретение зарубежных сидений и подвесок кабин.

Необходимо отметить, что применяемые на заводах стран СНГ авто-тракторные сиденья разработаны более 20 лет назад и по своим эргономическим и виброзащитным показателям существенно уступают сиденьям, производимым ведущими специализированными фирмами, таких как “Бостром” (Швеция), “Grammer” (Германия), “Sable” (Франция), “Debru” (Швейцария) и др., что вынуждает многие заводы нести дополнительные затраты по оснащению экспортных образцов машин весьма дорогостоящими сиденьями зарубежных моделей.

Директива Совета ЕЭС № 78/764 особое внимание уделяет уровню вертикальных колебаний, согласно которому международный стандарт устанавливает значения вертикальных среднеквадратичных ускорений, не превышающих $2,5 \text{ м/с}^2$, а их амплитуда не должны быть больше $0,025 \text{ м}$ при любых частотных воздействиях и скорости движения трактора.

Разработка научных методов проектирования подвесок сидений и кабины водителя колесного трактора с эффективной системой виброзащиты и улучшенной эргономикой обеспечит повышение производительности и конкурентоспособности тракторной техники, производимой в Республике Беларусь, и поэтому представляет актуальную народнохозяйственную и научную задачу.

Задачами перспективных исследований является выбор оптимальных параметров подвески кабины водителя колёсного трактора (вторичное поддресоривание), позволяющие существенно повысить виброзащитные свойства рабочего места водителя колёсного трактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амельченко, Н. П.** Подвеска сиденья водителя колёсного трактора / Н. П. Амельченко, В. А. Ким. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 187 с.
2. **Ким, В. А.** О некоторых мерах гашения колебаний на сиденье колёсного трактора / В. А. Ким, О. В. Билык, Н. П. Амельченко // Вестн. МГТУ. – 2001. – № 1. – С. 77–82.
3. **Силаев, А. А.** Спектральная теория поддресоривания транспортных машин / А. А. Силаев. – М. : Машиностроение, 1972. – 192 с.
4. **Амельченко, Н. П.** Активная виброзащитная система сиденья водителя / Н. П. Амельченко, В. А. Ким // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – №2 – С. 1–4.

В. П. ЛОБАХ, Н. А. КОВАЛЕНКО, И. М. ЛОБОРЕВ, Ю. М. РЕУТ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Общая схема предлагаемой АБС приведена на рис.1. Она включает в себя серийный регулятор тормозных моментов автомобиля ВАЗ и блок управления работой регулятора.

Регулятор состоит из корпуса 1, неподвижно закрепленного на кузове автомобиля. Поршень 2 установлен внутри корпуса 1, а его шток опирается на торсион 3, упруго закрепленный на подвижной, посредством подвески, балке моста. Сверху корпус 1 регулятора закрыт крышкой 10 с уплотнительной прокладкой 11 и отверстием 12.

Датчик 13 частоты вращения колеса 16 имеет металлический диск 14 с прорезями и выступами, установленный на валу 15 колеса 16, импульсный щелевой преобразователь 17, дифференцирующую цепь 18, включающую в себя резисторы 19 и 20, конденсатор 21, импульсный диод 22, резистор 23, конденсатор 24 и выходной резистор 25.

Блок управления работой регулятора снабжен последовательно соединенными компаратором 26 с инвертирующим 27 и не инвертирующим 28 входами, повторителем 29 напряжения и диодом 30. При этом инвертирующий вход 27 компаратора 26 соединен с выходом датчика 13 частоты вращения колеса, не инвертирующий вход 28- к выходу регулируемого источника 31 постоянного тока с реостатом 32 и движком 33, а выход повторителя 29 напряжения посредством диода 30 соединен с обмоткой 34 электромагнита 35 с сердечником 36, свободно перемещающимся в отверстии 12 пробки 10 регулятора.

Работает АБС следующим образом. При торможении снижается частота вращения колеса 16, которая измеряется датчиком 13. Возникающие в датчике 13 электрические прямоугольные импульсы напряжения на выходном резисторе 25 формируются в напряжение, уровень которого пропорционален частоте вращения колеса.

Если частота вращения колес выше предельного минимального значения, напряжение не передается к обмотке 34 электромагнита 35.

Д. В. ЗДАНОВИЧ, Н. В. ВЫГОВСКАЯ, В. М. ПРУДНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛАРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Текстовый процессор MS Word из пакета MS Office имеет множество функций для создания, просмотра и редактирования документов. Однако опытными пользователями востребованы комплексные инструменты, позволяющие автоматизировать обработку документа, используя возможности MS Word.

Известные пакеты таких программ предоставляют широкие возможности по обработке документов, но используя объектную модель документа и язык VBA, могут работать только с определенными версиями MS Word (например «Перестройка 2002» с версиями MS Word 2000/2002).

Разработано приложение в виде самостоятельного модуля на языке Visual Basic.NET. В приложении используется технология взаимодействия с ActiveX-объектами через объектную модель DOM MS Word. Приложение по команде пользователя получает ссылку на ActiveX-объект «Word.Application», что позволяет глубоко обрабатывать документы, как и при использовании VBA.

Реализация такого подхода позволила получить следующие преимущества:

- работоспособность на различных версиях MS Word;
- возможность работы одновременно с несколькими документами (приложение не имеет привязки к конкретному документу);
- быстрая автоматизированная обработка всего документа или его части (нет необходимости настраивать параметры для каждого участка текста);
- использование сторонних средств и технологий, например, технологии озвучивания текста (Text-to-Speech);
- портативность.

В настоящее время программа обеспечивает следующие функции:

- мультивозврат – запоминание состояния документа и, при необходимости, выполнение возврата к нему;
- перестройка текста – исправление типичных ошибок набора (удаление лишних символов конца абзаца (¶), упорядочивание пробелов в скобках и сокращениях, короткие строки и т.д.);

(x_2, x_4) , (x_3, x_4) попарно коллинеарны, поэтому они не могут одновременно попарно учитываться при построении модели.

Табл. 1. Корреляционная матрица

R	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
x_1	1,000	-0,188	0,188	0,179	0,231	0,730
x_2	-0,188	1,000	-1,000	-0,799	-0,692	-0,208
x_3	0,188	-1,000	1,000	0,799	0,692	0,208
x_4	0,179	-0,799	0,799	1,000	0,655	0,125
x_5	0,231	-0,692	0,692	0,655	1,000	0,223
y	0,730	-0,208	0,208	0,125	0,223	1,000

В соответствии с корреляционной матрицей (см. табл. 1), приняты для исследования зависимости: $f_1(x_1, y)$, $f_2(x_1, x_2, y)$, $f_3(x_1, x_3, y)$, $f_4(x_1, x_4, y)$, $f_5(x_1, x_5, y)$, $f_6(x_1, x_2, x_5, y)$, $f_7(x_1, x_3, x_5, y)$, $f_8(x_1, x_4, x_5, y)$.

Получены следующие основные регрессионные зависимости вида (2), параметры b_j которых представляют собой коэффициенты эластичности:

$$\ln(y) = 2,219 + 0,539 \cdot \ln(x_1); \quad (3)$$

$$\ln(y) = 2,074 + 0,530 \cdot \ln(x_1) + 0,033 \cdot \ln(x_2), \quad x_2 \neq 0; \quad (4)$$

$$\ln(y) = -0,699 + 1,007 \cdot \ln(x_1) + 0,361 \cdot \ln(x_3), \quad x_3 \neq 0; \quad (5)$$

$$\ln(y) = 2,081 + 0,536 \cdot \ln(x_1) + 0,028 \cdot \ln(x_4); \quad (6)$$

$$\ln(y) = 0,350 + 0,524 \cdot \ln(x_1) + 0,587 \cdot \ln(x_5). \quad (7)$$

Оценка значений параметров (3–7) произведена методом наименьших квадратов по данным выборки (1).

Из (4–7) следует: увеличение процента заполнения поверхности цветом (x_1) на 1 % при неизменном содержании в составе ткани полиэфира (x_2), хлопка (x_3), неизменной массе ткани (x_4), неизменной скорости обороту (x_5) вызывает увеличение расхода печатной краски (y) в среднем на 53 %, 100 %, 54 %, 52 % соответственно.

Также из (4–7) следует: увеличение на 1 % содержания в составе ткани полиэфира (x_2), хлопка (x_3), массы ткани (x_4), скорости работы обороту (x_5) при неизменном значении процента заполнения поверхности цветом (x_1) вызывает увеличение расхода печатной краски (y в среднем на 3 %, 36 %, 3 %, 59 % соответственно.

Таким образом, для рассматриваемой группы тканей расход печатной краски в ППКТНС напрямую зависит от заполнения поверхности (площади покрытия) ткани цветом, процентного содержания хлопка в составе ткани, скорости работы обороту.

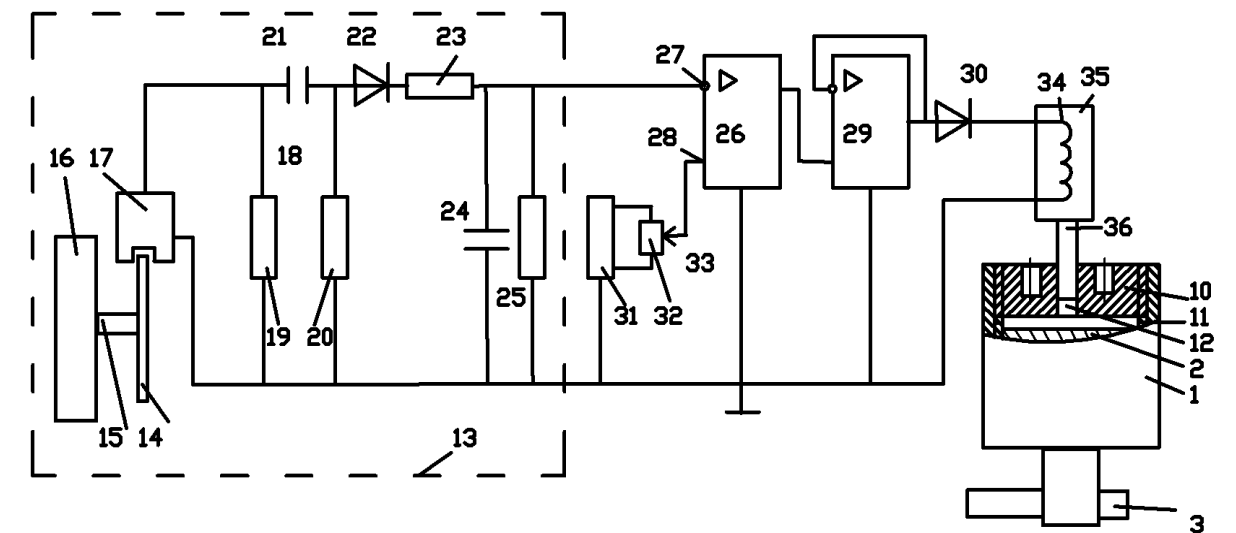


Рис. 1. Схема АБС: 1 – корпус регулятора; 2 – поршень; 3 – торсион; 10 – крышка; 11 – прокладка; 12 – отверстие; 13 – датчик частоты вращения колеса; 14 – диск; 15 – вал; 16 – колесо; 17 – импульсный щелевой преобразователь; 18 – дифференцирующая цепь; 19, 20, 23, 25 – резисторы; 21, 24 – конденсаторы; 22, 30 – диоды; 26 – компаратор; 27, 28 – входы компаратора; 29 – повторитель; 31 – источник постоянного тока; 32 – реостат; 33 – движок реостата; 34 – обмотка электромагнита; 35 – электромагнит; 36 – шток электромагнита

При увеличении давления поступающей от главного тормозного цилиндра жидкости к колесному тормозному цилиндру частота вращения колеса снижается и напряжение передается на обмотку 34. Электромагнит 35 срабатывает, сердечник 36 перемещается вниз, воздействует на поршень 2 и перемещает его вниз, преодолевая сопротивление торсиона 3, тем самым увеличивает объем над поршневой полости регулятора, связанной с колесным тормозным цилиндром, чем предотвращается блокирование колеса и увеличивается его частота вращения.

Далее частота вращения колеса понижается вследствие выключения электромагнита 35. Аналогичные циклы изменения давления в рабочем тормозном цилиндре, угловой скорости колеса, включения и выключения электромагнита 35 повторяются до момента, когда частота вращения колеса, из-за снижения скорости движения автомобиля, не станет меньше установленной, регулируемой реостатом 32.

С. В. МАТУСЕВИЧ, К. Л. ТОЛСТИК

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

В больших городах все большее применение находят многоэтажные гаражи. Многоэтажные гаражи позволяют производить очистку отработавших газов и, что особенно ценное, не уничтожать зеленые насаждения в жилых районах и не оказывать существенного влияния на состояние окружающей среды, здоровье и жизнь людей, значительно снижает шумовой фон. Так, например, при движении со скоростью 40 км/ч автомобиль сжигает такое количество кислорода, которым могли бы дышать в течение этого времени более одной тысячи человек.

Больше всего ядовитых газов автомобиль выбрасывает в воздух при трогании с места и торможении, т.е. в условиях стоянки во дворах.

В тоже время применение многоэтажных гаражей требует значительных затрат на их строительство, эксплуатацию и вентиляцию.

Снизить затраты электроэнергии на вентиляцию можно за счет расчета оптимальных режимов работы вентиляционных установок на ЭВМ.

Программа «Контроль вентиляции» позволяет осуществлять управление системой вентиляции автомобильной стоянки.

При въезде (либо выезде) автомобиля на стоянку (со стоянки), оператор регистрирует каждый автомобиль (номер, модель, объем двигателя, тип двигателя, место на стоянке) по техническому паспорту. Время въезда и выезда регистрируется автоматически.

Программа включает в себя две базы данных. Первая хранит информацию о доступных для парковки местах, вторая – включает в себя данные об автомобилях, которые находятся в данный момент на хранении. Учитывая всю информацию, как об автомобилях, время въезда и выезда, программа формирует список работающих двигателей, их время работы, производит расчёт необходимого в данный момент времени воздухообмена и дает команду включения или выключения определенного блока вентиляторов.

Автоматическое регулирование работы вентиляционных установок позволяет значительно сократить расход электроэнергии для вентиляции помещений многоэтажных гаражей и создать воздушную среду, удовлетворяющую санитарно-гигиеническим требованиям.

Е. М. БОРЧИК, А. И. СТЕПАНОВ, А. И. ЯКИМОВ

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

Для рационального выбора ресурсов в производственном процессе крашения тканей набивным способом (ППКТНС) решается задача расчета затрат ресурсов на производство ткани в разрезе себестоимости отдельных технологических режимов.

В ППКТНС ОАО «Моготекс» может использоваться от четырех до шестнадцати цветов, для каждого из которых используется свой ротационный шаблон с выгравированным для данного цвета рисунком. При построении моделей расхода печатной краски учитываются следующие факторы: параметры окрашиваемой ткани (масса, состав сырья, тип переплетения нитей и др.), типы красителей, параметры рисунка (например, процент заполнения поверхности цветом и др.) особенности оборудования (марка, скорость работы и др.).

На основании технологической документации ОАО «Моготекс» (колористические карточки на набивные рисунки, журнал расхода печатной краски для шаблонов/артикулов/рисунков на печать 1000 м.п., рапорты рисунков программы BestImage) собрана для анализа выборка S :

$$S = \{(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, x_{5i}, y_i) | i = 1, \dots, 69\}, \quad (1)$$

где x_1 – процент заполнения поверхности цветом; x_2, x_3 – процентное содержание полиэфира и хлопка в составе ткани соответственно; x_4 – масса одного м.п. суровой ткани выбранного артикула; x_5 – скорость работы оборудования в ППКТНС согласно технологическому режиму; y – расход печатной краски в ППКТНС для 1000 м.п. ткани.

В выборке (1) представлены полиэфирные, хлопчатобумажные, полиэфирно-хлопковые, хлопкополиэфирные ткани с различными видами переплетений. При этом учтены параметры ППКТНС для оборудования фирм Шторк, Тотекс, Меккано с использованием дисперсных, активных и пигментных типов красителей.

Модель представлена нелинейной регрессионной зависимостью:

$$y = a \cdot \left(\prod_{j=1}^5 x_j^{b_j} \right) \cdot \varepsilon \Leftrightarrow \ln(y) = \ln(a) + \sum_{j=1}^5 (b_j \cdot \ln(x_j)) + \ln(\varepsilon), a, b_j, \varepsilon \in R. \quad (2)$$

В соответствии с коэффициентами корреляционной матрицы (табл. 1), $|R(x_2, x_3)| \geq 0,700$, $|R(x_2, x_4)| \geq 0,700$, $|R(x_3, x_4)| \geq 0,700$, показатели (x_2, x_3) ,

туры организовано формирование адаптивно генерирующихся оценок.

В концепцию компетенции входят навыки, приобретаемые с изучением содержания учебных дисциплин, которые формируют определенный профессиональный уровень, необходимые инструменты и ситуации, в контексте которых определяется компетенция.

Ядром предлагаемой модели является определение знания не как объекта обладания, а как многовекторного пространства навыков: приобретенных или потенциальных. Основные компоненты разрабатываемой модели: способности, содержание учебных дисциплин и отношения, – базируются на соответствующих таксономиях или онтологиях. Оценивать ожидаемое поведение учащегося можно через усвоенные навыки, например, с помощью таксономии Блума. Обобщенное содержание учебных дисциплин представляется на основе анализа Мерила, а отношения характеризуются таксономией Кратволя.

Компетенции собраны в деревья. Предлагаемая модель представляет сеть компетенций в виде направленного ациклического графа. Дерево компетенций позволяет рассматривать различные уровни изучаемых компетенций более детально с целью определения того, что тестировать и как. Оценка компетенции всегда завязана на оценке ее составляющих. В результате дерево обладает следующими свойствами: перемещения, отображения, визуализации и поиска, реализованными различными приложениями. Так, дерево компетенций может быть использовано для определения способа развития оценки для каждой компетенции с целью персонализации оценки и соотношении элементов оценки индивидуальным компетенциям каждого учащегося.

Содержание дисциплин, таксономии способностей, отношений и в целом компетенций представлены с помощью онтологий, построенных на словаре SKOS и спецификации OWL и RDF. Преимущество онтологий перед обычными базами данных заключается в том, что первые определяют подробные формальные спецификации и включают машинно-интерпретируемые определения для единого понимания структуры информации среди людей и программных агентов. Таким образом, онтологическая база данных гибкая и расширяемая, позволяет описать все сущности с помощью принципов семантического веб, организовать совместимость между различными системами, и обсуждения описываемых сущностях.

На основе онтологической базы данных возможна организация перемещения по дереву компетенций. Основной сложностью разработки онтологии компетенций является то, что компетенции, характерные для программ учебных дисциплин, должны быть четко и однозначно определены. В многочисленных программах обучения этот принцип, к сожалению, соблюдается не всегда.

УДК 629.113

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ТЯГОВЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

А. С. МЕЛЬНИКОВ, И. С. САЗОНОВ, В. А. КИМ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Несмотря на разнообразие конструктивных исполнений тормозных систем тяговых транспортных машин, имеются и общие принципы, по которым строятся современные тормозные системы подобных машин. Так, рабочие тормоза подавляющего большинства тракторов дисковые, работающие в масле, встроенные в задний мост и расположенные перед конечной передачей. Вследствие увеличения максимальной скорости движения машинно-тракторного агрегата при выполнении транспортных работ до 50 км/ч в процессе торможения участвуют все ведущие колеса. Такие фирмы, как «Сэйм» (SAME), «Ламборгини» (LAMBORGHINI), «Хурлиман» (HURLIMAN), «Ландини» (LANDINI), «Дойтц» (DEUTZ), устанавливают тормоза в переднем ведущем мосту. Управление тормозами гидравлическое, при этом модели мощностью свыше 100 л. с., как правило, снабжены гидравлическим сервоусилителем.

Использование подобных тормозных систем обусловлено способностью гидравлического привода обеспечивать значительное усиление передаваемой нагрузки. При этом существуют характерные негативные особенности, присущие гидравлическому приводу: сложность, высокая стоимость, вероятность выхода из строя гибких шлангов высокого давления, использование специальной жидкости в качестве рабочего тела в тормозной системе, требующей восполнения в случае разгерметизации трубопровода.

Учитывая указанные особенности тормозных систем, оптимальным является использование пневматического или электрического привода тормозных механизмов. Однако использование пневматического или электрического привода требует использования высокоэффективных тормозных механизмов, так как степень усиления передаваемой нагрузки пневматического и электрического приводов меньше в сравнении с гидравлическим приводом.

В предлагаемой тормозной системе тяговой колесной машины используется разработанный высокоэффективный тормозной механизм, позволяющий использовать пневматический и электрический привод, это позволяет отказаться от специальной жидкости, используемой в гидроприводе, избежать особенностей, связанных с использованием гидропривода и подсоединением гидравлического привода тяговой колесной машины к гидравлическому приводу буксируемого прицепа.

С. П. МОХОВ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ, С. Н. ПИЦОВ, С. Е. АРИКО

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время выпуском лесозаготовительной техники в Республике Беларусь занимается ряд крупных машиностроительных предприятий: таких как ПО «Минский тракторный завод», ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Амкодор» и др. Ими освоен выпуск лесных машин предназначенных для заготовки и транспортировки древесины в виде хлыстов, сортиментов и щепы. Поддержание конкурентоспособности предприятий лесного машиностроения невозможно без постоянного совершенствования существующих и создания новых образцов высокопроизводительной техники.

С учетом перехода лесозаготовительных предприятий на машинную заготовку древесины в виде сортиментов и щепы, а также необходимостью более интенсивного освоения труднодоступного лесосечного фонда значительное внимание уделяется разработке узлов шасси и технологического оборудования, которые соответствуют лучшим мировым аналогам.

Для сортиментной заготовки древесины в Республике Беларусь, применяют как специализированные, полноприводные погрузочно-транспортные машины (форвардеры), так и машины на базе универсальных тракторов, оснащенных прицепными тележками для транспортировки сортиментов. Форвардеры на базе универсальных тракторов применяются в более благоприятных дорожных условиях по причине низких показателей тягово-сцепных свойств и проходимости. Данный недостаток обусловлен отсутствием привода колес тележки, что снижает эффективность эксплуатации таких машин в почвенно-грунтовых условиях труднодоступного лесосечного фонда.

Анализ рынка существующей лесозаготовительной техники отечественного и зарубежного производства, а также требований к ней лесозаготовительных предприятий позволяет отметить, что значительным спросом у отечественных и российских потребителей пользуются погрузочно-транспортные машины с колесной формулой 4К4 выпускаемые ПО «МТЗ». Такие машины более маневренные ввиду меньших габаритов и больших углов складывания полурам, в сравнении с форвардерами 6К6 и 8К8, обладают меньшей стоимостью. Недостатком существующих форвардеров 4К4 производства ПО «МТЗ» является их небольшая удельная грузоподъемность, что значительно снижает производительность, а, следовательно, и

В. И. АВЕРЧЕНКОВ, К. С. САМАРЦЕВ

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

Модель компетенций применяется для хранения, организации и совместного использования данных о практическом применении навыков учащимися с целью поиска и интерпретации характерных признаков достигнутого ими профессионального уровня и постановки новых образовательных целей и путей перехода на такой новый уровень. Фактические, отвечающие действительности и информационно насыщенные данные о компетенциях чрезвычайно важны в любой системе оценки профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации и в системе управления образованием. Основанием таких размышлений являются педагогически-содержательные принципы представления метаданных, базирующиеся на неформальной модели образовательных взаимодействий профессора Дианы Лорилард (Лондонский университет).

Поэтому педагогически-содержательные принципы представления метаданных должны быть положены в основу неформальной модели образовательных взаимодействий Лориларда (рис. 1).

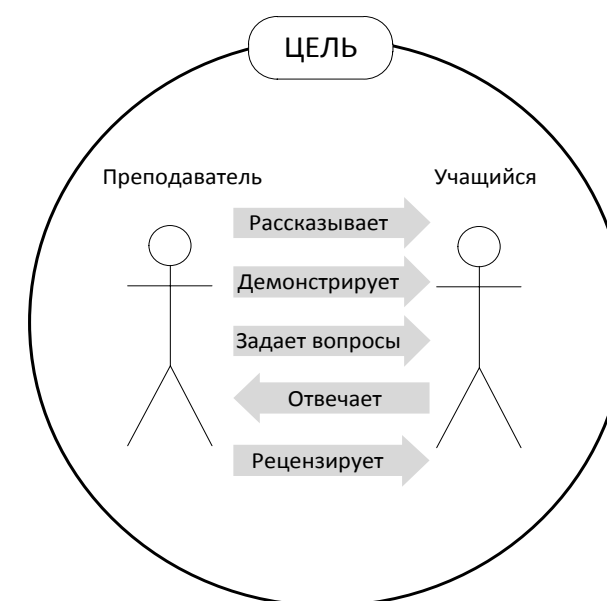


Рис. 1. Модель взаимодействий в обучении

В разрабатываемой модели компетенций компоненты многомерного пространства векторов структурируются в виде дерева. На базе такой струк-

– выполнена информационная поддержка процесса сертификации спроектированных светильников в сертификационном центре Российской Федерации, позволившая в феврале 2012 года получить на них сертификат взрывобезопасности.

При анализе конструкции светильника с точки зрения взрывобезопасности были решены следующие задачи:

1) определен температурный класс по максимальной температуре нагрева поверхности корпуса взрывозащищенного светильника Т4 (для взрывоопасных смесей с температурой самовоспламенения от 135 до 200 °С), так как используемые белые светодиоды рассеиваемой мощностью 1 Вт имеют интенсивное тепловыделение;

2) исключена возможность возникновения электрических разрядов в корпусе светильника при его эксплуатации;

3) для панелей светодиодов определен оптимальный вид взрывозащиты «е», который дает возможность полностью использовать весь световой поток без потерь, а потери могут достигать 40–60 % при использовании иных видов взрывозащиты (например «т»);

4) взрывобезопасное исполнение специализированного блока питания светодиодов (LED-драйвера) реализуется путем герметизации заливкой теплопроводящим компаундом – взрывозащита вида «т», что дает возможность разместить его внутри единого с общепромышленным вариантом теплоотводящего алюминиевого корпуса;

5) в конструкциях светопрускающей панели и боковых стенок выполнены мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 30852.0-2002 и ГОСТ Р 52350.0-2005 по ограничению площади непрерывной неизолированной поверхности для снижения значения заряда статического электричества до безопасного значения, который может возникнуть в процессе эксплуатации;

б) все электрические соединения светильника модифицированы в соответствии с требованиями ГОСТ 30852 и ГОСТ Р 52350.

В результате разработки получены два варианта взрывозащищенных светильников с маркировкой взрывозащиты 2ExemIII T4 X по ГОСТ 30852.0-2002 (Республика Беларусь) и 2 Ex em_a III T4 X по ГОСТ Р 52350-2005 (Российская Федерация), которые максимально унифицированы с их общепромышленными аналогами. В настоящее время ООО «ЕвроЛЕД» выпускает серийно указанные типы взрывозащищенных энергосберегающих светильников на собственном производстве в г. Минске.

эффективность лесозаготовительных работ.

Одним из путей совершенствования данной техники следует считать увеличение ее рейсовой нагрузки. Однако изменение этого параметра приведет к снижению проходимости, росту расхода топлива, изменению тягово-сцепных свойств форвардера и увеличению динамических нагрузок на его несущую конструкцию. В этой связи в настоящее время проводится детальная научно-исследовательская и опытно-конструкторская проработка для повышения показателей указанных выше эксплуатационных свойств.

В условиях работы на почвогрунтах с высокой несущей способностью более эффективными в сравнении со специализированными являются прицепные форвардеры. Их модернизацию в соответствии с мировыми аналогами также следует считать перспективной задачей развития лесного машиностроения нашей страны.

Создание современных отечественных валочно-сучкорезно-раскряжевых машин (харвестеров) основано на агрегатировании базовых шасси разработанных на ПО «МТЗ» и ОАО «Амкодор» с технологическим оборудованием зарубежного производства, которое включает в себя гидроманипулятор и харвестерную головку. Современные параллельные и параллельно-телескопические гидроманипуляторы имеют вылет 7–10 м и грузовой момент от 60 кН·м, для харвестеров работающих на рубках ухода, до – 210 кН·м в конструкциях предназначенных для рубок главного пользования. Харвестерные головки разделяются на 3 класса по массе: малые с общей массой до 900 кг, средние – 900–1600 кг и большие – свыше 1600 кг. В качестве базы для отечественных специализированных харвестеров используются шарнирно-сочлененные шасси с колесными формулами 4К4 и 6К6.

Отечественными машиностроительными предприятиями, для заготовки древесины в виде щепы, налажен выпуск рубильных машин МР-25, МР-40 (ПО «МТЗ»), 2902 (ОАО «Амкодор»). Стоит отметить, что ведущими мировыми производителями такой техники (Jenz, Farmi, Viber, Morbark) делается акцент на выпуск мобильных рубильных машин с автономным двигателем с производительностью более 80 нас. м³/ч.

Ввиду роста объемов заготовки древесины в виде щепы, перспектив комплексного использования древесины и сложившихся мировых тенденций, следует считать необходимым создание в условиях ПО «МТЗ» и ОАО «Амкодор» высокопроизводительных мобильных рубильных машин с автономным двигателем и производительностью не менее 100 нас. м³/ч.

Указанные перспективные направления развития отечественного лесного машиностроения находят свое применение на предприятиях ПО «МТЗ» и ОАО «Амкодор», где в настоящее время ведутся работы по модернизации имеющихся и созданию новых образцов харвестеров, форвардеров и рубильных машин соответствующих уровню ведущих мировых аналогов.

УДК 629.3
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ
РАСХОДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

В. И. МРОЧЕК, Т. В. МРОЧЕК, А. С. БУРАКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам регулирования подачи насосных установок и поиску технических решений, обеспечивающих энергосбережение. Применительно к центробежным насосам возможны два способа регулирования: дроссельное и частотное.

Исследования проводились на специально созданном стенде для испытаний центробежных насосов.

Для оценки эффективности регулирования расхода использован специальный показатель $l_{уд}$ (Дж/м³), представляющий собой энергию, затрачиваемую на подачу единицы объема жидкости от источника до потребителя.

С использованием указанного оценочного показателя выполнен анализ эффективности способов регулирования расхода в гидравлической системе с центробежным насосом консольного типа 1К8/18.

Установлено, что при дроссельном регулировании за счет изменения сопротивления сети при изменении расхода Q с $5,2 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ м³/с $l_{уд}$ увеличивается с 230 до 450 кДж/м³, то есть дроссельное регулирование (уменьшение) расхода сопровождается значительными энергетическими потерями.

Для оценки эффективности частотного регулирования (путем изменения частоты вращения вала насоса) на основе использования теории подобия были получены рабочие характеристики насоса на частичных скоростных режимах. После согласования характеристик насоса и сети получена зависимость $l_{уд} = f(Q)$ при частотном регулировании.

В результате выполненных исследований установлено, что частотное регулирование расхода обладает существенными преимуществами перед дроссельным, особенно в тех случаях, когда насос работает на сеть с невысоким сопротивлением и при этом требуется уменьшить расход в сети. Так, например, если расход в сети $Q = 4,55 \cdot 10^{-3}$ м³/с (при этом напор насоса равен 10 м) и необходимо уменьшить расход до $Q = 1,8 \cdot 10^{-3}$ м³/с, то при дроссельном регулировании $l_{уд}$ увеличивается с 260 до 490 кДж/м³, а при частотном регулировании $l_{уд}$ уменьшается с 260 до 50 кДж/м³. Таким образом, в этом случае обеспечение расхода $Q = 1,8 \cdot 10^{-3}$ м³/с за счет частотного регулирования требует затрат энергии в 9,8 раз меньше, чем путем дроссельного регулирования.

УДК 621.3
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ

В. Н. АБАБУРКО, Л. Г. ЧЕРНАЯ, М. П. СЛУКА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На предприятиях Республики Беларусь нефтеперерабатывающей и химической промышленности широко используются светильники во взрывозащищенном исполнении. Большинство используемых взрывозащищенных светильников выпущено еще в советский период фактически выработали свой ресурс эксплуатации и не являются энергосберегающими. В последние годы в Беларуси ряд предприятий наладил выпуск энергосберегающих светильников общепромышленного исполнения, но по ряду причин, не предлагали их взрывобезопасного исполнения. Во взрывоопасных зонах могли использоваться только импортные энергосберегающие светильники.

Во второй половине 2011 года научно-исследовательской лабораторией «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета и ООО «ЕвроЛЕД» (г. Минск) были разработаны два варианта взрывозащищенных энергосберегающих светодиодных светильников ДКУ01-18x1-001 Ех УХЛ1 и ДКУ01-36x1-001 Ех УХЛ1 с потребляемой мощностью 18 и 36 Вт соответственно.

При этом были решены следующие задачи:

- выполнен анализ конструкции общепромышленного светильника с точки зрения эффективности его модернизации во взрывозащищенное исполнение;
- определен оптимальный уровень взрывозащиты «повышенная надежность против взрыва», позволяющий без значительного увеличения стоимости светильника расширить его использование в большинстве взрывоопасных зон (класса «2» по ГОСТ 30852-2002 и ГОСТ Р 52350-2005 или В-Ia, В-Iг, В-Iб, В-II и В-IIa по ПУЭ шестого издания);
- определены оптимальные виды взрывозащиты для минимизации массогабаритных показателей светильников (в частности не использовался традиционный для советских конструкций вариант взрывозащиты «d» - взрывонепроницаемая оболочка);
- разработана техническая документация для производства взрывозащищенных светодиодных светильников;
- подготовлены на курсах повышения квалификации специалисты ОАО «ЕвроЛЕД» для организации собственного производства взрывозащищенных светильников;

На рис. 2 приведены наиболее характерные зависимости, полученные с использованием электродов из меди, стали 45, хромели, алюмели, никеля, а также латунного электрода с впрессованным в его окончание закалённым шариком из стали ШХ15.

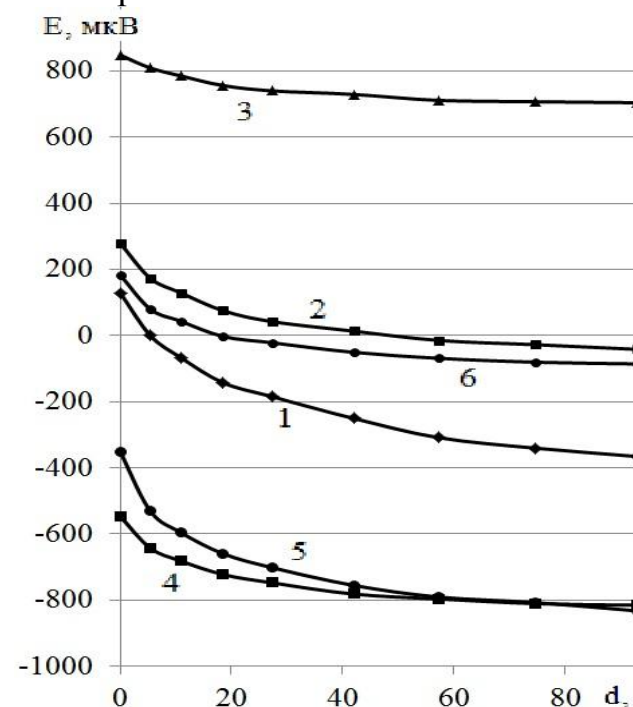


Рис. 2. Зависимость измеренной термоэдс E от толщины d никелевого покрытия на стали 20 при разных материалах электродов: 1 – медь; 2 – сталь 45; 3 – хромель; 4 – алюмель; 5 – никель; 6 – закалённый шарик из стали ШХ15

Характер полученных кривых зависит от абсолютной термоэдс, теплопроводности материала электродов. Наибольшее изменение происходит в диапазоне до 50 мкм. При практическом использовании необходим учёт совокупности физических характеристик, технических и технологических факторов. По отношению полезного сигнала к общему предпочтительны электроды из стали 45 и меди. Примерно такую же чувствительность, как и железный электрод, обеспечивает вариант со стальным закалённым шариком, имеющий преимущество в износостойкости и позволяющий стабилизировать геометрию контакта электрода с покрытием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарандо, В. И. Перспективы термоэлектрического метода в исследовании свойств металлов и поверхностных слоёв / В. И. Шарандо // Достижения физики неразрушающего контроля : сб. науч. тр., посвящённый 40-летию ИПФ НАН Беларуси. – Минск : 2003. – С. 99–118.
2. Приборы термоэлектрические типа ПИТ / Ин-т прикл. физ. НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://iaph.basnet.by/~lab1/ru/pit.html>. – Дата доступа: 22.02.2012.

УДК 629.113 СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХКОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

М. Л. ПЕТРЕНКО, А. В. ЮШКЕВИЧ, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Системы активной безопасности двухколесных транспортных средств на основании кинематических параметров широко используют три наиболее распространенных принципа формирования управляющего сигнала: регулирование по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса; регулирование по максимальному использованию касательной реакции колеса с опорной поверхностью; регулирование по производной от коэффициента сцепления по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса (градиентный метод).

Недостатком САБ на основании кинематических параметров является невозможность формирования сигналов на основании прямых сигналов, полученных системой от источников информации, которыми являются датчики измерения угловых скоростей (ускорения) вращения колес, необходимость создания сложных блоков обработки и анализа информации, необходимость использования нескольких измеряемых параметров.

Исключение ряда недостатков САБ, связанных с использованием производной от первичной информации, возможно при использовании в качестве обрабатываемой информации силовые факторы, возникающие в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. В качестве силовых факторов могут использоваться: формирования сигналов управления на основе сравнительного анализа значений тормозного момента; формирования сигналов управления на основе измерения реализации реакций, действующих в пятне контакта колеса с дорогой; измерение боковых сил, действующих на транспортное средство со стороны дорожного покрытия в пятне контакта.

Рассмотрение способов формирования управляющих сигналов САБ позволяет принять решение о необходимости использования первичной информации для управления движением двухколесного транспортного средства. Фактором, влияющим напрямую на управляемость и курсовую устойчивость двухколесного транспортного средства, является тормозной момент и боковые реакции возникающие в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Р. В. ПЛЯКИН, В. П. ТАРАСИК, Н. Н. ГОРБАТЕНКО

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

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета ведется разработка мехатронной системы автоматического управления гидромеханической передачей (МСАУ ГМП) семейства карьерных самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 45–65 тонн. МСАУ ГМП представляет собой совокупность электронных, электрических и гидравлических компонентов, функционирующих под управлением высокопроизводительного микропроцессорного контроллера, осуществляющего решение задач обработки информации и управления ГМП в режиме реального времени.

Одним из наиболее сложных и наукоемких этапов разработки МСАУ является синтез алгоритмов управления ГМП, реализуемых исполнительной программой контроллера МСАУ. В связи с этим появляется необходимость создания экспериментальной установки для отработки алгоритмов управления ГМП и тестирования исполнительной программы контроллера МСАУ.

Для решения этой задачи создана экспериментальная установка, позволяющая проводить полунатурное имитационное моделирование процессов управления ГМП с целью отработки и оптимизации алгоритмов управления и исполнительной программы контроллера МСАУ. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Она состоит из следующих компонентов: 1 – опытный образец контроллера; 2 – плата сбора данных National Instruments USB-6343; 3 – персональный компьютер; 4 – селектор режимов управления ГМП; 5 – дисплей для вывода информации Bosch Rexroth DI3; 6 – электронная педаль акселератора; 7 – блок тумблеров; 8 – блок потенциометров; 9 – блок светодиодов; 10 – CAN-шина.

Имитация процесса движения автомобиля осуществляется персональным компьютером 3 на основе математической модели карьерного самосвала БелАЗ 7555Е, реализованной в программном продукте MATLAB (Simulink). Интегрирование дифференциальных уравнений математической модели осуществляется в реальном времени. Также в режиме реального времени производится обмен информацией с контроллером 1, дисплеем 5 и селектором режима управления 4 посредством CAN-шины 10.

В. И. ШАРАНДО

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Преимущество термоэлектрической толщинометрии никелевых покрытий на изделиях из конструкционных сталей по сравнению с токовыми и магнитными методами состоит в сравнительно небольшом влиянии на измеряемый сигнал структуры никеля, наличия в нём напряжений. Ранее [1] выполнен большой объём исследований для никелевых покрытий на немагнитных материалах, показано, что от соотношения абсолютных термоэдс материалов контактных электродов, покрытия, основания, а также от соотношения их теплопроводностей зависит вид получаемой зависимости, вплоть до того, что в некоторых случаях связь термоэдс с толщиной может становиться неоднозначной. От выбора материала электродов зависит знак измеряемого сигнала, чувствительность, отношение диапазона полезного изменения эдс к её общей величине. Крайне важно обеспечить стабильные условия поддержания разности температур между электродами и отсутствие паразитных термоэдс в соединениях разнородных металлов из-за неконтролируемых перепадов температуры в конструкции.

С учётом указанных проблем, разработан первичный преобразователь, имеющий более компактное, по сравнению с выполнявшимся ранее, размещение рабочих элементов. Рассмотрен вопрос выбора материала электродов для обеспечения контроля никеля на стали 20. Электроды имели сферические окончания с радиусом закругления 2,5 мм, прижим осуществлялся с усилием 3 Н. Использован электронный блок прибора ПИТ-2 [2].

На рис. 1 изображён преобразователь и набор сменных электродов.



Рис. 1. Термоэлектрический преобразователь и набор сменных электродов из разных материалов

нагреваемого электрода; T_1 и T_2 – температуры в контактах электрод-покрытие и покрытие-основание.

Определяющим для получения необходимой чувствительности является соотношение абсолютных термоэдс материалов нагреваемого термоэлектрического электрода, покрытия и основания. Чувствительность может быть повышена за счёт высоких температур электрода (что, в принципе, нежелательно из-за его возможного окисления, опасности ожогов, больших габаритов термоизоляции).

Для исследований использованы стальные электроды с радиусом рабочих окончаний 2,5 мм. Усилие прижима 3 Н. Измерения производились с помощью электронного блока термоэлектрического прибора ПИТ-2 [3]. Поддерживаемая разность температур $T_H - T_0 = 50^0$.

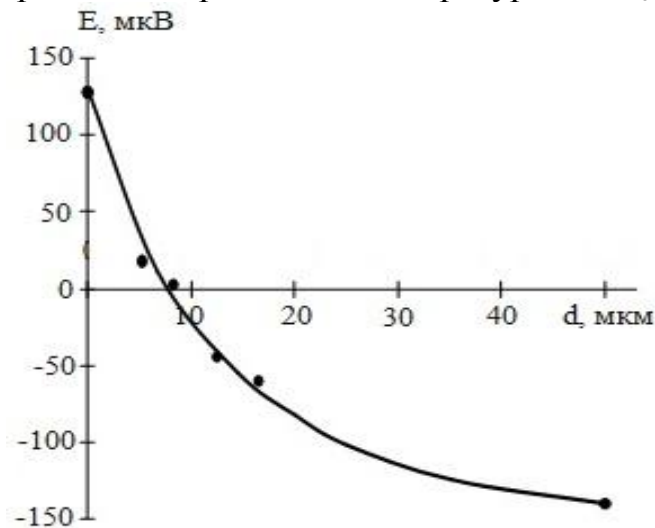


Рис. 2. Зависимость термоэлектрического сигнала E от толщины d никелевого покрытия на стали ВНС-25

Обеспечиваются хорошая разрешающая способность и небольшие погрешности для всего рассмотренного диапазона толщин никеля до 50 мкм. Полученный результат позволяет проводить дальнейшие работы по созданию термоэлектрического толщиномера и решению задачи контроля данного рода изделий в производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суворов, Л. М. Термоэлектрический метод измерения толщины гальванических покрытий / Л. М. Суворов // Заводская лаборатория. – 1964. – т. 30, № 8. – С. 959–962.
2. Лухвич, А. А. Прогнозирование чувствительности при термоэлектрической толщинометрии / А. А. Лухвич, В. И. Шарандо // Дефектоскопия – 1990. – № 10. – С. 51–55.
3. Приборы термоэлектрические типа ПИТ / Ин-т прикл. физ. НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://iaph.basnet.by/~lab1/ru/pit.html>. – Дата доступа: 22.02.2012.

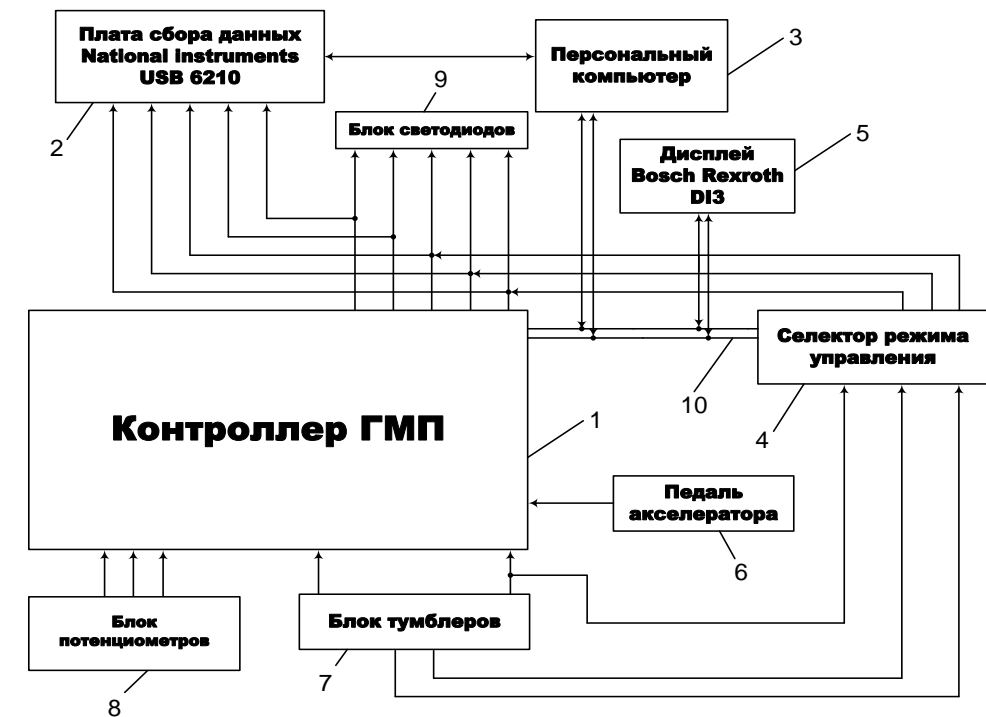


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки МСАУ ГМП

В математическую модель функционирования карьерного самосвала от контроллера 1 поступает информация о номере включенного фрикциона ГМП, положении педали акселератора 6, состоянии рабочего тормоза. В контроллер 1 передается информация о частотах вращения вала двигателя, турбинного колеса ГДТ, промежуточного и выходного валов ГМП. Имитация органов управления карьерным самосвалом в экспериментальной установке реализована с помощью электронной педали акселератора 6, селектора режимов управления 4, блока тумблеров 7 и блока потенциометров 8. Блок тумблеров имитирует работу дискретных датчиков органов управления автомобилем. Блок потенциометров позволяет имитировать работу аналоговых датчиков, таких как датчики температуры масла ГМП и охлаждающей жидкости двигателя и датчик давления масла главной гидромагистрали системы управления ГМП.

Для индикации состояния выходов контроллера экспериментальная установка оснащена блоком светодиодов 9. С помощью дисплея Bosch Rexroth DI3 5 осуществляется контроль состояния мехатронной системы управления в режиме реального времени. Для фиксирования выходных сигналов контроллера в процессе переключения передач экспериментальная установка оснащена платой сбора данных 6 (National Instrument USB6343).

Разработанная экспериментальная установка позволила провести тестирование и оптимизацию алгоритмов управления ГМП и исполнительной программы контроллера МСАУ перед натурными испытаниями на карьерном самосвале.

УДК 630*363

СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ
И ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ В СЛОЖНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
УСЛОВИЯХ

П. А. ПРОТАС, Д. В. КЛОКОВ, Е. А. ЛЕОНОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Специалистами БГТУ совместно с Министерством промышленности Республики Беларусь, Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь разработана и утверждена Правительством Система машин для реализации передовых современных технологий лесозаготовительных, лесохозяйственных, лесовосстановительных работ и ведения рационального использования лесных ресурсов на 2011–2015 годы.

Отдельным блоком в данной системе рекомендовано оборудование для заготовки сортиментов и топливной щепы в сложных эксплуатационных условиях. К таким условиям относятся заболоченные участки лесфонда (в зависимости от сезона года II–IV типов местности), деконцентрированные и ветровально-буреломные лесосеки, а также участки с комбинацией данных условий. Так, в Республике Беларусь лесфонд заболочен более чем на 27 % от общей площади. Только в 2011 году объем поврежденной древесины составил 1135 тыс. м³, что соответствует 14 % от объема расчетной лесосеки, а за период 2007–2011 гг. объемы поврежденной от ураганов древесины составили более 5960 тыс. м³.

Проведенный анализ технологий работ в лесу позволил сделать вывод, что применение современной лесозаготовительной техники, имеющей высокую проходимость, маневренность, производительность и надежность позволит обеспечить высокие технико-экономические показатели, а также создаст условия для рационального использования лесных ресурсов, сокращения расходов на лесовосстановление, снижение техногенного воздействия на окружающую среду и в конечном итоге повысит рентабельность лесозаготовительного производства.

Для заготовки сортиментов и топливной щепы в сложных эксплуатационных условиях в систему машин включены харвестеры, форвардеры, мобильные канатные трелевочные установки, погрузочно-транспортные машины для лесосечных отходов, мобильные рубильные машины и фронтальные лесопогрузчики.

По каждому типу машин определены наиболее важные параметры для выбора оборудования в конкретных условиях эксплуатации, рациональные

УДК 620.179.1+537.3222.11

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ
НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛИ ВНС-25

В. И. ШАРАНДО

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Контроль толщины никелевых покрытий на немагнитных основаниях успешно осуществляется магнитными толщиномерами. Например, приборы серии МТЦ обеспечивают их определение в диапазоне 0–700 мкм и чувствительность в начале диапазона до десятых долей микрометра. Задача контроля никеля на ферромагнитных основаниях до сих пор надёжно не решена ни одним из известных методов. В данной работе исследована возможность использования термоэлектрического метода для измерения толщины никелевых покрытий на стали ВНС-25.

Ранее [1, 2] были рассмотрены вопросы термоэлектрической толщинометрии применительно к никелевым покрытиям, на некоторых других материалах. Схема измерений использована в настоящей работе и представлена на рис.1.

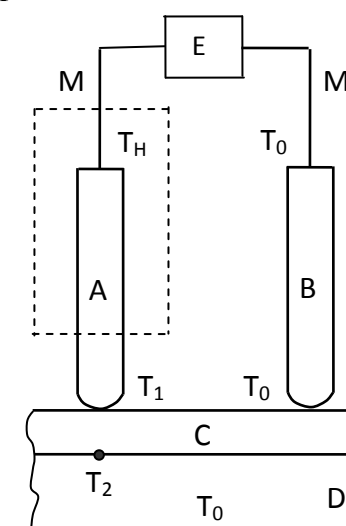


Рис. 1. Схема измерения термоэдс: А – нагреваемый электрод; В – холодный электрод; С – покрытие; D – основание; М – медные провода; Е – измеритель термоэдс

Измеряемая интегральная термоэдс Е описывается соотношением:

$$E = (S_A - S_C) (T_1 - T_0) + (S_C - S_D) (T_2 - T_0) + (S_M - S_A) (T_H - T_0),$$

где S_A , S_C , S_D , S_M – абсолютная термоэдс материалов нагреваемого электрода А, покрытия, основания и медных проводов; T_0 – температура окружающей среды, холодного электрода и массы изделия; T_H – температура

На рис. 1. представлен исходный сигнал и две автокорреляционные функции, вычисленные на разных интервалах анализа.

Сегменты сигнала 1, 3 характеризуют процесс типа «шум», сегменты 2, 4 – полигармонический процесс.

Основная идея метода состоит в том, что характеристики процесса оцениваются на различных интервалах вычисления автокорреляционной функции.

По характеру изменений автокорреляционной функции (возрастание, стабилизация) определяются признаки и составляется описание процесса.

При этом решаются несколько проблем:

- 1) сегментация сигнала на интервалы анализа;
- 2) исключение временной нормализации для процессов, где в качестве случайного параметра выступает время реализации;
- 3) фиксация быстро протекающих процессов;
- 4) выявление признаков, определяющих свойства процесса в выбранный момент времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гнеденко, Б. В.** Курс теории вероятности / Б. В. Гнеденко. – М. : Гос. изд. ТТЛ, 1950. – 388 с.

2. **Макс Ж.** Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях : в 2 кн. / Ж. Макс. – М. : Мир, 1983.

параметры базового шасси и технологического оборудования, а также составлены комплекты оборудования с учетом их производительности, технологичности, степени машинного труда и других факторов.

Так, например, для выбора харвестеров основными параметрами являются: мощность двигателя; эксплуатационная масса; колесная формула; вылет и грузовой момент гидроманипулятора; параметры харвестерной головки; а для машин, работающих при несплошных рубках еще их габариты; радиус поворота или угол складывания полурам.

Система машин содержит научно обоснованные сведения, отражающие уровень развития технологий и технических средств для их реализации, и позволяет принимать решения в области создания новых разработок и освоения производства техники и оборудования, необходимых для заготовки сортиментов и топливной щепы на лесосеке.

Система машин даст возможность оптимизировать затраты на переоснащение парка машин и оборудования, сократив эксплуатационные издержки, ограничив количество типоразмеров технических средств и ликвидировав дублирование при их создании и производстве. Это позволит разрабатывать и внедрять мероприятия не только по замене машин и оборудования на новые с прежними техническими характеристиками, но и по их обновлению в условиях рыночных отношений, обеспечив существенный рост производительности труда, экономию топлива, оптимальные условия реализации перспективных машин и технологий лесозаготовительных работ, сделать не только технику, но и продукцию лесного комплекса конкурентоспособными.

При разработке Системы машин учитывались положения следующих основных государственных документов: Государственная программа развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 гг.; целевая программа обеспечения в республике не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года; программа повышения эффективности использования древесно-топливного сырья в деревообрабатывающих производствах (цехах) Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 гг.; программа развития и технического перевооружения лесозаготовительного производства на 2011–2015 гг.

При разработке Системы машин были использованы результаты исследований сотрудников кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок в области повышения эффективности использования лесосырьевого потенциала на основе ресурсосберегающих технологий и систем машин, обеспечения эксплуатационно-экологической совместимости лесозаготовительных машин с лесной средой и комплексного использования древесных ресурсов, в том числе в энергетических целях.

В. Д. РОГОЖИН, А. А. МЕТТО

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

Методы и условия проведения экспериментальных исследований тормозных механизмов на испытательных стендах позволяют получить всю необходимую информацию в более короткие сроки по сравнению с ходовыми испытаниями. Немаловажным является и такое обстоятельство, как возможность многократного воспроизведения установленных режимов нагружения, что позволяет получить статистические характеристики различных параметров тормозного механизма, на основе которых можно сделать выводы о его эффективности и эксплуатационных свойствах в целом.

Применяемое оборудование и методика испытаний должны: создавать реальные, действующие в эксплуатации на конкретном транспортном средстве, нагрузочные режимы; обеспечивать проверку работоспособности тормозного механизма в экстремальных, аварийных, редко встречающихся условиях; воспроизводить нормативные, установленные руководящими документами, режимы нагружения.

В первом случае определяется функциональное соответствие тормозного механизма, а также его надежность, долговечность, удобство применения, во втором – решаются задачи безопасности, безотказности, в третьем – стабильности обязательных характеристик и применимости тормозного механизма в целом.

Для проведения стендовых испытаний разработанного авторами дискового тормозного механизма использовался стенд Sherpa Safeline 3,5-PC3. Испытания проводились по методике, основанной на положениях, изложенных в таких технических нормативно правовых актах, как СТБ 1641-2006, Правила ЕЭК ООН № 13 и № 90.

В результате испытаний получены зависимости тормозных моментов на правом и левом колесах передней оси транспортного средства от силы нажатия на педаль тормоза при различной температуре поверхности тормозных дисков.

Установлено, что транспортное средство, передняя ось которого оснащена дисковыми тормозными механизмами оригинальной конструкции, соответствует требованиям СТБ 1641-2006.

Н. И. ЦУПРЕВ, Е. А. ЗАЙЧЕНКО

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

Физическое явление при рассмотрении с позиций теории случайных процессов можно описать в любой момент времени путем усреднения величин параметров сигналов, представляющих данный случайный процесс, по множеству выборочных функций [1, 2].

К основным характеристикам сигналов, как функции времени параметров случайных процессов, относятся функции времени среднего значения, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, усредненной энергии.

Автокорреляционная функция позволяет качественно установить свойства процесса по характеру своего изменения во времени. Вычисляется автокорреляционная функция по формуле:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T X(t) \cdot X(t + \tau) \cdot dt .$$

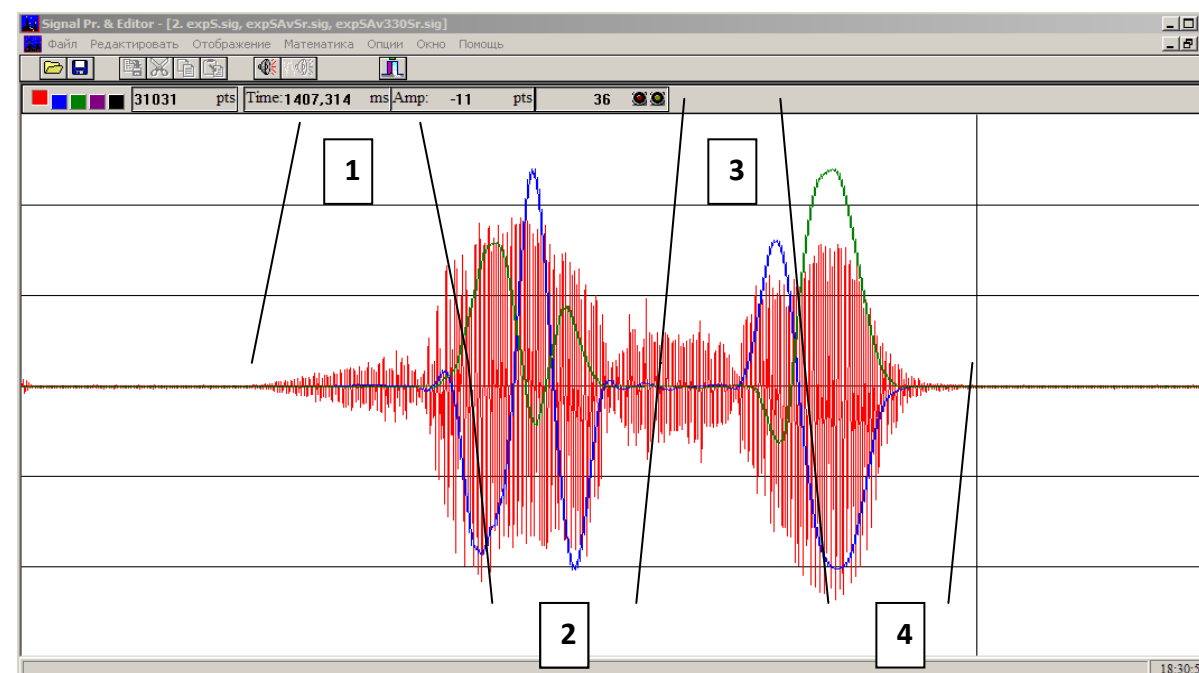


Рис. 1. Исходный сигнал и автокорреляционные функции

площади поперечного сечения канала электрода). Таким образом, в рамках принятой модели, при изменениях температурных параметров этот коэффициент должен оставаться постоянным и для определения значения t_k можно использовать уравнение:

$$at_k + \exp(-at_k) = \frac{\gamma_M \Delta T_M}{M_0 a} + 1,$$

где M_0 – исходная масса навески пробы в канале электрода.

В этом случае вместе с исходным получаем три набора параметров:

- 1) $\Delta T_m = 3000$ К, $a = 0,3$ с⁻¹; $t_k = 300$ с;
- 2) $\Delta T_m = 2000$ К, $a = 0,1$ с⁻¹; $t_k = 455$ с;
- 3) $\Delta T_m = 1500$ К, $a = 0,05$ с⁻¹; $t_k = 613$ с.

Для наиболее интересного и часто встречающегося случая, когда контролируемый элемент содержится в пробе в виде легколетучего соединения, скорость поступления которого превышает скорость поступления вещества основы пробы, изменение характера поступления вещества представлено на рис. 1.

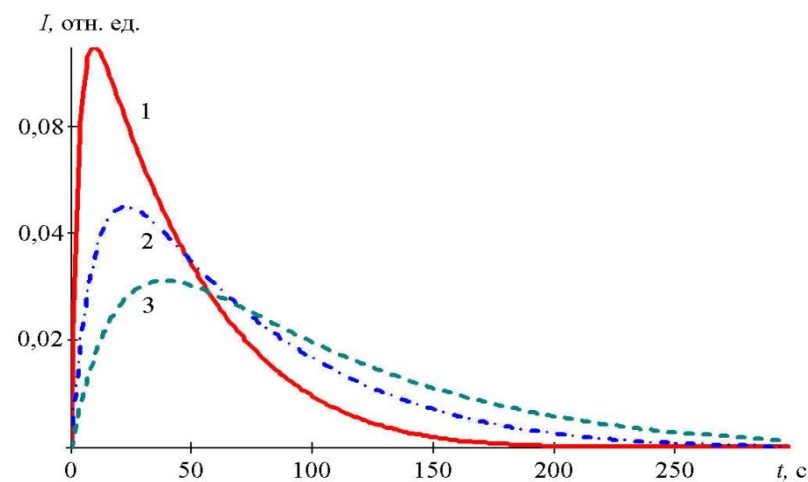


Рис. 1. Временные зависимости интенсивности спектральной линии контролируемого элемента при различных значениях параметров: 1 – $\Delta T_m = 3000$ К, $a = 0,3$ с⁻¹; 2 – $\Delta T_m = 2000$ К, $a = 0,1$ с⁻¹; 3 – $\Delta T_m = 1500$ К, $a = 0,05$ с⁻¹

Как видно из полученных результатов, при уменьшении силы тока для легколетучих соединений элемента происходит уменьшение максимального значения мгновенной интенсивности спектральной линии, увеличение общего времени поступления элемента в плазму разряда и увеличение времени достижения максимума интенсивности спектральной линии. При этом максимум становится менее выраженным, а следующий за ним спад интенсивности более пологим. Следовательно, при этом промежуток времени, в течение которого следует осуществлять регистрацию спектральной информации, необходимо увеличивать.

УДК 629.113

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СИДЕНЬЕ ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

И. С. САЗОНОВ, *Н. П. АМЕЛЬЧЕНКО, О. В. БИЛЫК

Государственное учреждение высшего профессионального образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Минск, Беларусь

Снижение уровня колебаний на сиденье водителя с пассивной виброзащитной системой требует обоснования выбора упругих и диссипативных характеристик подвесок сиденья и собственно подвески трактора (задняя подвеска у трактора МТЗ отсутствует). Для теоретического исследования составлена математическая модель колебаний масс с использованием плоской расчетной схемы трактора.

Дифференциальное уравнение колебаний масс плоской модели колесного трактора в матричной форме имеет вид:

$$a \ddot{\bar{g}} + \alpha \dot{\bar{g}} + c \bar{g} = \bar{Q}, \quad (1)$$

где $\bar{g} = (Z_1, Z_c, \varphi, Z_b)$ – вектор обобщенных координат системы; a – матрица коэффициентов инерции; α – матрица коэффициентов демпфирования; c – матрица коэффициентов жесткости; $\bar{Q} = (q_1, q_2, 0, 0)$ – вектор обобщенных сил.

Для проведения спектрального анализа колебаний масс уравнения (1) представляют в форме преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях.

Уравнения (1) в форме Лапласа имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} (a_{11}p^2 + \alpha_{11}p + c_{11})Z_1(p) - (\alpha_{12}p + c_{12})Z_c(p) - (\alpha_{13}p + c_{13})\Phi(p) - (\alpha_{14}p + c_{14})Z_b(p) &= Q_1(p); \\ (\alpha_{21}p + c_{21})Z_1(p) - (a_{22}p^2 + \alpha_{22}p + c_{22})Z_c(p) - (\alpha_{23} + c_{23})\Phi(p) &= Q_2(p); \\ (\alpha_{31}p + c_{31})Z_1(p) + (a_{33}p^2 + \alpha_{33}p + c_{33})\Phi(p) - (\alpha_{34}p + c_{34})Z_b(p) &= 0; \\ (\alpha_{41}p + c_{41})Z_1(p) + (\alpha_{42} + c_{42})Z_c(p) + (\alpha_{43} + c_{43})\Phi(p) + (a_{44}p^2 + \alpha_{44}p + c_{44})Z_b(p) &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

где $Z_1(p)$, $Z_c(p)$, $\Phi(p)$, $Z_b(p)$ – изображение по Лапласу обобщенных координат системы; $Q_1(p)$, $Q_2(p)$ – изображение по Лапласу обобщенных сил; $p = \alpha + j\omega$ – комплексная переменная.

На основе уравнений (2) определяют передаточные функции для проведения спектрального анализа колебаний.

Из анализа результатов имитационного моделирования сделаны следующие выводы:

1) характеристики упругих и диссипативных элементов подвески сиденья водителя существенно влияют на средние квадратические значения, ускорений водителя на сиденье при низкочастотных возмущениях. Выбор их оптимальных параметров позволяет сохранить заданную частоту собственных колебаний;

2) наиболее эффективным средством гашения низкочастотных колебаний является включение в подвеску сиденья водителя колесного трактора элемента релаксации демпфирования.

УДК 631.372.05.001.2(23)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОСТОВА СКЛОНОХОДА С ГИДРОПРИВОДОМ

З. С. САЛБИЕВА, М. С. ЛЬЯНОВ, *И. С. САЗОНОВ

«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Владикавказ, Россия; Могилев, Беларусь

В работе представлена математическая модель системы автоматической стабилизации (САС) остова крутосклонного колесного трактора (склонохода) с гидроприводом, которая позволяет получить оценку качества его функционирования путем имитационного моделирования на ПЭВМ.

Для разработки математической модели системы автоматической стабилизации остова крутосклонного трактора разработана математическая модель работы гидродвигателя, представляющего собой исполнительный механизм поршневого типа системы САС. Уравнение работы гидропривода представим известным уравнением [1]:

$$\frac{1}{k_{жс}} \cdot \frac{d\Sigma P}{dt} + \frac{dy}{dt} = k_v \sqrt{1 - \frac{\Sigma P}{F \cdot P_o}} \sin n\rho \cdot \rho, \quad (1)$$

УДК 543.423

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЯДА НА ПОСТУПЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ПРОБЫ В ПЛАЗМУ

К. В. ФРАНЦКЕВИЧ

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»

Могилев, Беларусь

При контроле содержания малых количеств токсичных элементов в пробах биологических объектов с использованием атомного эмиссионного спектрального анализа обычно используются навески пробы ограниченной массы, помещаемые в канал угольного электрода. В дальнейшем, в процессе проведения исследования, вещество пробы испаряется при высокой температуре и поступает в плазму электрического разряда. При этом большой интерес представляет исследование влияния изменения параметров электрического разряда на закономерности процесса поступления вещества пробы в плазму.

Наиболее существенное влияние изменение такого электрического параметра разряда, как сила тока, оказывает на температуру электрода и, соответственно, на температуру пробы, размещённой в его канале. В принятой математической модели поступления вещества в плазму разряда параметрами, отвечающими за изменение электрических режимов проведения исследования, являются максимальная температура пробы ΔT_m и параметр a , характеризующий скорость изменения температуры. Следует отметить, что при изменении электрических параметров разряда изменяются оба эти параметра. Особенно это хорошо заметно в случае использования дугового разряда.

С целью исследования влияния изменения указанных параметров построим несколько временных зависимостей интенсивности спектральной линии для различных наборов значений параметров ΔT_m и a . Для этого используем ранее полученное выражение для интенсивности спектральной линии контролируемого элемента.

Рассмотрим изменение характера поступления вещества при уменьшении значения силы тока. При времени полного испарения навески пробы $t_k=300$ с исходные значения параметров: $\Delta T_m = 3000$ К, $a = 0,3$ с⁻¹. Дополнительно к исходным значениям параметров ΔT_m и a используем два набора данных с меньшими значениями, соответствующими меньшим величинам силы тока разряда. Определим соответствующие им новые значения времени полного испарения пробы t_k . При этом полагаем, что коэффициент летучести основы γ_M характеризуется составом пробы и геометрическими параметрами используемого электрода (в частности, величиной

чивания, петли магнитного гистерезиса и кривой возврата. При этом основная сложность заключается только в определении величин, входящих в эти выражения, для конкретных магнитных материалов.

Результаты расчета некоторых магнитных характеристик для стали 08Ю и их зависимость от температуры нагрева при отжиге приведены на рисунке. Аппроксимирующие выражения взяты из работы [2].

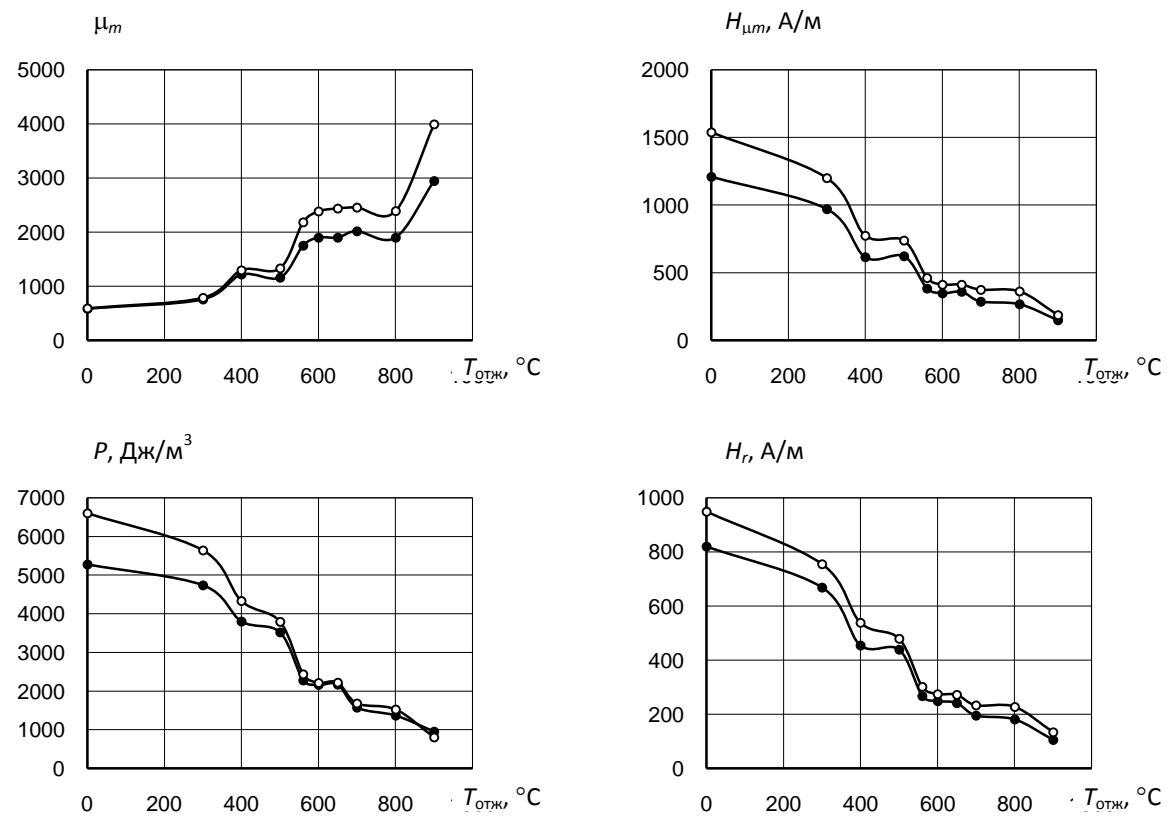


Рис. 1. Зависимость магнитных характеристик стали 08Ю от температуры нагрева при отжиге (● – эксперимент, ○ – расчет)

Расхождения, наблюдающиеся в результатах, объясняется как несовершенством используемых аппроксимирующих выражений, так и погрешностью эксперимента. Вместе с тем, предложенный подход позволяет частично отказаться от проведения сложных экспериментальных исследований и может быть использован для предварительного анализа, выбора и последующего построения оптимального набора параметров контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костин, В. Н. Многопараметровые методы структуроскопии стальных изделий с использованием магнитных свойств вещества / В. Н. Костин [и др.] // Дефектоскопия. – 2004. – № 3. – С. 69–82.
2. Мельгуй, М. А. Формулы для описания нелинейных и гистерезисных свойств ферромагнетиков / М. А. Мельгуй // Дефектоскопия. – 1987. – № 11. – С. 3–10.

где $k_v = \mu \frac{b}{F} \sqrt{\frac{q \cdot P_o}{\gamma}}$ – кривизна скоростной характеристики холостого хода гидропривода с «идеальным» золотником; b – периметр рабочего дросселирующего окна; ρ – отклонение золотника от среднего положения; μ – коэффициент расхода; γ – плотность жидкости; P_o – максимальное рабочее давление, развиваемое насосом в напорной магистрали; F – эффективная площадь поршня; $k_{жс}$ – приведенная жесткость жидкости и трубопроводов, соединяющих полости гидроцилиндра, которая определяется экспериментально; $\frac{d\Sigma P}{dt}$ – скорость изменения суммарной силы, действующей на поршни гидроцилиндра; $\frac{dy}{dt}$ – скорость вертикального перемещения остова склонохода.

Составлены уравнения движения остова склонохода с учетом уравнений кинематических связей механизма стабилизации. Совокупность уравнений гидропривода и уравнений движения остова позволяют проводить исследование системы САС склонохода на стадии его проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башта, Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1972. – 320с.
2. Лурье, А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М. : Физматгиз, 1961. – 824 с.
3. Колесные тракторы для работы на склонах / П. А. Амельченко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1978. – 246с.

УДК 621.926
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ КОНТАКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ЗОНАХ
РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПУТЁМ РЕАЛИЗАЦИИ ШТИФТОВОГО
СПОСОБА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В. С. СЕВОСТЬЯНОВ, Т. Л. СИВАЧЕНКО
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
Белгород, Россия

Одним из основных направлений повышения эффективности тонкого и особенно сверхтонкого помола минеральных материалов является интенсификация контактных взаимодействий в зонах разрушения. Для этого, по меньшей мере, необходимо решить две исходные технические задачи. Во-первых, максимально уменьшить контактные поверхности рабочих элементов и максимально увеличить их число, во-вторых, обеспечить прочностные характеристики названных элементов и их износостойкость, особенно для работы в абразивной среде.

По мнению авторов, этому условию в полной мере соответствует метод штифтового измельчения, основанный на использовании в качестве мелющих элементов стержней диаметром 0,1–30,0 мм, которые производят разрушение материала своими торцовыми поверхностями. Характер воздействия на исходный материал обеспечивается различными способами: центральным ударом, перекачиванием, перекачиванием с вибронагружением и т.д.

Разработаны базовые варианты конструктивного исполнения штифтовых мельниц различного технологического назначения, в том числе для использования в крупнотоннажных производствах, например, для помола цемента.

Проведенные исследования механизмов разрушения минеральных материалов штифтовыми рабочими элементами показали их высокую энергетическую и технологическую эффективность, что, прежде всего, выражается в увеличении дисперсности готового продукта. Предполагается, что данный способ измельчения может найти применение в получении наноразмерных композиций. Конструкция штифтовых мельниц отличается простотой, что позволяет, при отработке её рабочих процессов и решении проблем, связанных с изготовлением рабочих органов, наладить их промышленное производство.

В настоящее время проводится испытание штифтовых мельниц, работающих в непрерывном и циклическом режиме по сухому и мокрому способу при измельчении различных строительных материалов. Принятые нами методами исследования осуществляются по методу аналогий, что позволяет быстро и достоверно оценивать полученные результаты.

УДК 620.179.14
РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА
ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРОВОГО КОНТРОЛЯ

А. В. СТРЕЛЮХИН
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН БЕЛАРУСИ»
Минск, Беларусь

Применение магнитного метода контроля для решения многих практических задач показывает, что использование только одной магнитной характеристики часто недостаточно для получения достоверных сведений о прочностных свойствах стальных изделий. Одним из способов решения таких задач является применение многопараметрового метода, использующего две и более магнитные характеристики.

В работе [1] показана возможность применения многопараметровой структуроскопии с использованием магнитных свойств вещества (магнитных характеристик материала изделия), что позволяет избавиться от влияния геометрии изделия на результаты контроля. Вместе с тем, важной остается задача по выбору набора параметров контроля, требования к построению которого приведены в [1].

Для структуроскопии магнитных материалов используют следующие магнитные характеристики: намагниченность насыщения M_s ; максимальная намагниченность M_m при величине напряженности магнитного поля H_m ; начальная магнитная проницаемость μ_n ; максимальная магнитная проницаемость μ_m и значения $H_{\mu m}$ и $M_{\mu m}$, ей соответствующие; намагниченности M_c и M_{2c} при величинах намагничивающего поля H_c и $H_{2c} = 2 \cdot H_c$; дифференциальная магнитная проницаемость в точках (H_c, M_c) , (H_{2c}, M_{2c}) и $(H_{\mu m}, M_{\mu m})$; остаточная намагниченность M_r ; коэрцитивная сила H_c ; коэффициент прямоугольности петли K_p ; максимальная дифференциальная магнитная проницаемость μ_{dm} и значения $H_{\mu dm}$ и $M_{\mu dm}$, ей соответствующие; релаксационная коэрцитивная сила H_r и соответствующая ей релаксационная намагниченность M_{Hr} ; остаточная намагниченность M_{Hc} , полученная после уменьшения внешнего поля от $-H_c$ до нуля; дифференциальные магнитные проницаемости μ_{dHc} и μ_{dMr} в точках $(-H_c, 0)$ и $(0, M_r)$; релаксационная магнитная проницаемость μ_r ; магнитная проницаемость на кривой возврата от коэрцитивного поля μ_{rc} и потери энергии на перемагничивание образца P .

Значения этих характеристик чаще всего определяют экспериментально, что достаточно затруднительно на практике, или при дополнительном использовании определенных соотношений между отдельными магнитными свойствами. Однако эту задачу можно решить в некотором приближении, используя аппроксимирующие выражения для кривой намагни-

Графики функции $J(g)$ представлены на рис. 1. Они соответствуют возбуждению пленки двуокиси кремния с параметрами $n_f = 1,47$, $h = 0,01$ мкм, находящейся на кремниевой подложке с показателем преломления $n_s = 3,882 - i0,019$, посредством равнобедренной призмы связи с углом при основании $50,1^\circ$ и показателем преломления $n_p = 1,9652$. Расчет выполнен для случая использования волн ТЕ- и ТМ-поляризации с $\lambda_0 = 0,6328$ мкм.

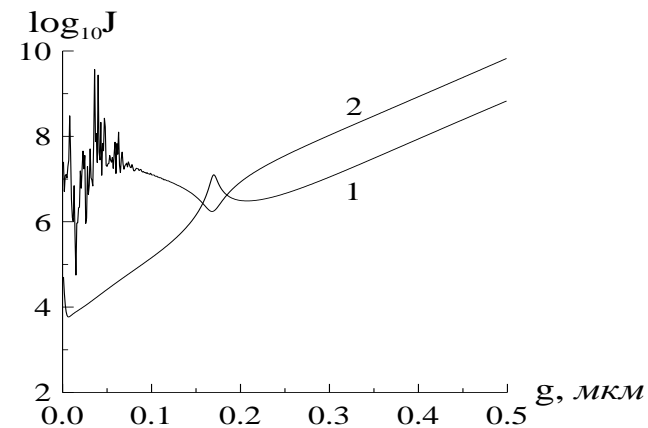


Рис. 1. Зависимость $J(g)$ при использовании ТМ- (1) и ТЕ- (2) волн

Согласно рис. 1, для рассматриваемых измерений предпочтителен выбор волн ТМ-поляризации. Отметим также необходимость плотного оптического контакта призмы связи с исследуемой структурой (оптимальное значение $g = 0,01$ мкм).

Результаты решения обратной оптической задачи представлены в табл. 1. Они получены путем численной минимизации функции (1) методом, исключая локальные минимумы. В качестве $\varphi(\beta_j)$ использованы строго рассчитанные зависимости в $n = 180$ точках; их погрешности моделировались путем округления значений φ до трех значащих цифр в мантиссе.

Табл. 1. Восстановление окисной пленки на кремнии

Точные значения			Восстановленные значения					
$g, \text{мкм}$	$h, \text{мкм}$	n_f	ТМ-поляризация			ТЕ-поляризация		
			$g, \text{мкм}$	$h, \text{мкм}$	n_f	$g, \text{мкм}$	$h, \text{мкм}$	n_f
0,01	0,001	1,47	0,0100	0,00100	1,4702	0,001	0,00133	1,4818
0,01	0,01	1,47	0,00998	0,00993	1,4664	0,001	0,00989	1,4511
0,01	0,1	1,47	0,00999	0,10001	1,4700	0,00808	0,10269	1,4648

Как видно из табл. 1, при использовании волн ТМ – поляризации предлагаемый метод обеспечил прецизионное восстановление параметров наноразмерной диэлектрической пленки на кремниевой подложке.

УДК 630*377.44
ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИЦЕПНОГО МОДУЛЯ

В. А. СИМАНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, С. Э. БОБРОВСКИЙ,
В. А. БОБРОВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Переместительные операции в процессе трелевки деревьев связаны с внешними и внутренними факторами, которые определяют взаимодействие базовой машины с предметом труда. Исследование взаимодействия машины с пачкой деревьев в первую очередь связано с определением силовых нагрузок, величина которых проявляется в зависимости от эксплуатационных условий.

Оценка динамической нагруженности колесного трактора на переходных режимах эксплуатации проводилась по величинам максимальных значений крутящих моментов на полуосях, а нагруженность на установившихся режимах оценивалась статистическими величинами динамических параметров.

Задачей исследований по оценке динамической нагруженности транспортного средства была разработка математического аппарата, позволяющего производить оценку динамических явлений в узлах лесной машины при воздействии факторов случайного характера, изменяющихся в эксплуатационных условиях.

Изменение крутящих моментов по времени на передних и задних полуосях базовой машины, определялись по следующим зависимостям:

$$M_{K1} = c_7 \left(Y_9 - \frac{Y_8}{i_1} \right) + k_7 \left(\dot{Y}_9 - \frac{\dot{Y}_8}{i_1} \right);$$

$$M_{K2} = c_8 \left(Y_{10} - \frac{Y_8}{i_2} \right) + k_8 \left(\dot{Y}_{10} - \frac{\dot{Y}_8}{i_2} \right).$$

Динамические реакции под передними и задними колесами трелевочной машины определялись по формулам:

$$R_{D1} = c_2 (Y_4 - Q_1) + k_2 (\dot{Y}_1 - \dot{Q}_1); \quad (1)$$

$$R_{D2} = c_3(Y_1 - bY_2 - Q_2) + k_3(\dot{Y}_1 - b\dot{Y}_2 - \dot{Q}_2). \quad (2)$$

Нормированные спектральные плотности крутящих моментов на передних и задних полуосях трелевочной машины производились при одинаковых эксплуатационных условиях. Максимум спектральных плотностей для передних и задних полуосей лежат в диапазоне частот 1,43 – 1,67 с⁻¹, причем их величина выше для серийного навесного оборудования. При применении прицепного технологического модуля максимальные значения спектральных плотностей крутящего момента для задней полуоси проявляются при частотах 1,5 с⁻¹. Сравнительный анализ нагруженности передних и задних полуосей для всех видов технологического оборудования показал более высокую динамику проявления процессов на задних полуосях.

Максимальные значения спектральных плотностей динамических реакций под передними колесами лежат в диапазоне частот 1,60–2,15 с⁻¹, при этом максимум по своей абсолютной величине больший для навесного технологического оборудования трелевочной машины. Максимумы спектральных плотностей динамических реакций под задними колесами проявляются на частотах 0,25 и 1,25 с⁻¹, причем абсолютное значение почти в два раза выше для варианта машины с навесным технологическим оборудованием. Установка дополнительной опоры приводит к снижению величины динамических реакций под задними колесами трелевочной машины.

Разработанная методика и экспериментальное исследование позволили сделать заключение о том, что наиболее нагруженным является процесс трогания транспортного средства. Величина статистических показателей по динамической нагруженности технологического оборудования с различными конструкциями опор качения позволяет снизить величины крутящего момента и реакций под передними и задними колесами транспортного средства на 15–20 %. Полученные результаты могут быть применены при проектировании технологического оборудования перспективных машин выпускаемых на РУП «МТЗ» и ОАО «Амкодор».

УДК 621.372.8:535
КОНТРОЛЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ
НА ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ВОЛНОВОДНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

А. Б. СОТСКИЙ, П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ, *Л. И. СОТСКАЯ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Волноводная спектроскопия относится к наиболее эффективным неразрушающим оптическим методам контроля волноводных диэлектрических слоев. Однако в современной микроэлектронике имеется потребность в диагностике диэлектрических слоев наноразмерной толщины на поверхности полупроводника. Эти слои не могут направлять волноводных мод. В такой ситуации стандартная волноводная спектроскопия не применима. Ниже изложен новый метод обработки углового распределения энергетического коэффициента отражения светового пучка в схеме призмного устройства связи, который расширяет применимость техники волноводной спектроскопии на указанный случай без изменения ее приборной базы.

Предлагаемый метод основан на минимизации целевой функции

$$I = \sum_{j=1}^n [f(x_j, \beta_j) - \varphi(\beta_j)]^2 \quad (1)$$

где n – число отсчетов энергетического коэффициента отражения φ светового пучка, получаемых вращением призмы связи; $f(x_j, \beta)$ – теоретическая модель коэффициента отражения; x_j ($x_1 = g$, $x_2 = h$, $x_3 = n_f$; g – толщина воздушного буферного слоя, h – толщина диэлектрического слоя, n_f – его показатель преломления) – параметры модели структуры, подлежащие определению; β – продольная составляющая волнового вектора возбуждающего пучка. Ключевую роль при решении рассматриваемой обратной задачи играет выбор степени связи призмы с исследуемой средой и выбор поляризации излучения. Естественным критерием при этом является минимизация среднеквадратичной ошибки измерения толщины покрытия $\sigma(h)$. Она может быть представлена в форме $\sigma(h) = k_0^{-1} \sigma(\varphi) J(g)$, где $\sigma(\varphi)$ – среднеквадратичное отклонение отсчетов φ , $k_0 = 2\pi/\lambda_0$ – волновое число вакуума, $J(g)$ – коэффициент чувствительности измерений, который при заданных параметрах призмы связи допускает аналитический расчет.

для пленки титана с $n_f = 2.7 - i3.8$, расположенной на кремниевой подложке с показателем $n_s = 3.882 - i0.019$. Согласно рис. 1, для рассмотренных измерений предпочтительны волны ТМ-поляризации. В этом случае функция $J_1(h)$ достигает минимума и остается практически постоянной в диапазоне толщин пленки $h = \overline{2,20} \text{ нм}$.

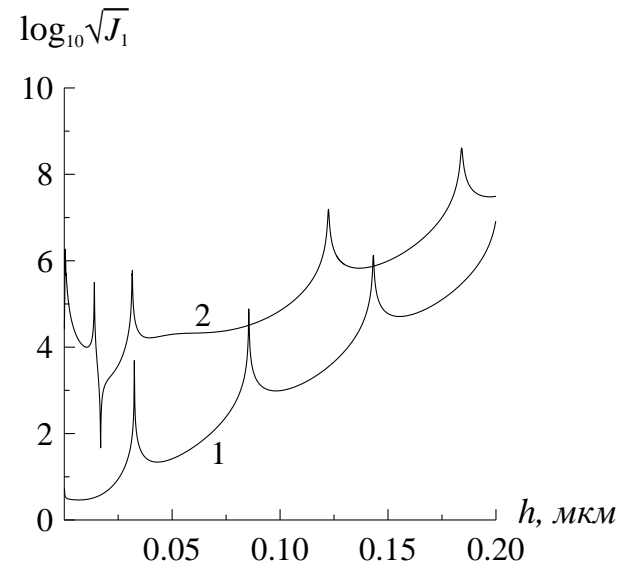


Рис. 1. Зависимость логарифма коэффициента ошибки J_k при восстановлении толщины пленки титана путем обработки энергетических коэффициентов отражения волн ТМ – (1) и ТЕ – (2) поляризации от толщи пленки

Резкий рост ошибок измерений в диапазоне $h > 20 \text{ нм}$ объясняется тем, что толстая металлическая пленка становится не прозрачной. Табл. 1. иллюстрирует эффективность решения обратной оптической задачи предлагаемым методом и методом многоугловой эллипсометрии.

Табл. 1. Восстановление титановой пленки на кремнии

Точные значения			Предлагаемый алгоритм			Эллипсометрия		
$h, \text{ мкм}$	$\text{Re} n_f$	$\text{Im} n_f$	$h, \text{ мкм}$	$\text{Re} n_f$	$\text{Im} n_f$	$h, \text{ мкм}$	$\text{Re} n_f$	$\text{Im} n_f$
0,001	2,7	-3,8	0,00120	2,81	-3,14	0,00113	2,71	-3,50
0,01	2,7	-3,8	0,00997	2,69	-3,81	0,0102	2,70	-3,79

Представленные результаты получены в результате численной минимизации функции (1). В качестве $\varphi(\beta_j)$ использована строго рассчитанная зависимость в $n = 200$ точках; ее погрешность моделировалась путем округления значений φ до трех значащих цифр в мантиссе.

Как видно из табл. 1, предлагаемый подход, будучи гораздо более простым в аппаратной и вычислительной реализации, обеспечивает точность решения обратной оптической задачи, сопоставимой с точностью многоугловой эллипсометрии.

УДК 630*377.4

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЦЕПНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

В. А. СИМАНОВИЧ, В. С. ИСАЧЕНКОВ, С. Э. БОБРОВСКИЙ,
В. А. БОБРОВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Базой для агрегатной лесной техники преимущественно являются колесные тракторы 4к4 и 6к6. Настоящий период создания таких машин характеризуются большим многообразием конструктивных предложений по совершенствованию, как отдельных модулей, так и машин в целом. Выбор и обоснование параметров базовой машины и технологического оборудования на стадии проектирования может быть выполнен на основе анализа показателей динамической нагруженности узлов и агрегатов в различных эксплуатационных условиях. Условия эксплуатации лесозаготовительных машин в большинстве своем не позволяют характеризовать режимы их работы как стационарные установившиеся. Это обстоятельство требует новых подходов и знаний в решении сложных задач динамики нагружения машин основанный на принципах синтеза элементов входящих в систему «двигатель – рабочее оборудование машины».

Первым этапом на пути выбора и обоснования расчетных параметров прицепного технологического оборудования была разработка расчетной схемы и математической модели движения трелевочной машины с различной компоновкой трелевочного приспособления на раме колесного шасси.

При разработке математической модели движения были учтены взаимодействия подсистем машины, таких как двигатель, трансмиссия, ходовая часть, прицепное технологическое оборудование и предмет труда, а также влияние внутренних и внешних возмущающих факторов. Модель позволяет производить нахождение независимых, изменяющихся во времени координат, определяющих положение всех масс транспортной системы при ее эксплуатации на переходных и установившихся режимах.

Показатели статистического характера величин крутящего момента на передних и задних полуосях базового трактора, а также вертикальных ускорений в центре тяжести прицепного модуля и сиденья водителя явились критериальной оценкой при выборе таких параметров как количество опор качения прицепного модуля, его масса, высота подвеса пачки деревьев и другие размерно-компоновочные данные.

Моделирование динамических процессов для различных конструктивных схем прицепного звена проводилось при транспортировке пачки деревьев объемом $1,0 \text{ м}^3$ и скорости перемещения $4,26 \text{ км/ч}$ по микропрофилю трелевочного волока, характеристики которого определялись методами математической статистики.

Расчетными исследованиями установлено и экспериментом подтверждено, что максимумы нормированных спектральных плотностей крутящего момента $S_{\text{Мр}}(\omega)$ на передних полуосях проявляются на частотах $1,0\text{--}1,7 \text{ с}^{-1}$ для всех конструкций технологического оборудования. Применение балансирной тележки в оборудовании позволяет снизить динамику нагружения передних полуосей на $35\text{--}45 \%$, причем максимумы частот проявляются дважды. Максимальное значение $S_{\text{Мр}}(\omega)$ для задних полуосей наиболее характерно проявляется при установке конструкции оборудования на трехосном шасси при $\omega = 1,42 \text{ с}^{-1}$.

Нагруженность задних полуосей трактора при установке технологического оборудования на одноосное шасси по максимумам величин спектральных плотностей проявляется на частотах $\omega = 0,5 \text{ с}^{-1}$ и $1,52 \text{ с}^{-1}$ и достигает значения $0,6 \text{ с}^{-1}$ и $1,15 \text{ с}^{-1}$.

Величины нормированных спектральных плотностей ускорений в центре тяжести прицепного технологического оборудования проявляются по-разному. Для одноосной конструкции максимум нормированной спектральной плотности проявляется при частоте $0,5 \text{ с}^{-1}$ и достигает значения $1,73 \text{ с}$. В тоже время максимум спектральной плотности для двухосной системы проявляется при частоте $0,22 \text{ с}^{-1}$. Процесс снижения статических величин ускорений затухает более интенсивно для одноосной системы.

В случае применения балансирной тележки в прицепном модуле максимумы спектральных плотностей ускорений проявляются дважды при частоте $2,68 \text{ с}^{-1}$ и $3,51 \text{ с}^{-1}$. Трехосная конструкция прицепного оборудования имеет более растянутый частотный диапазон, максимумы которого проявляются при частоте $2,10 \text{ с}^{-1}$ и $3,53 \text{ с}^{-1}$.

Частотные диапазоны и абсолютные величины максимумов спектральных плотностей ускорения центра тяжести сидения водителя зависят от изменения количества и соединения опорных осей трелевочного оборудования. При увеличении количества парных осей с одной до двух происходит смещение частотного диапазона в сторону увеличения с $0,5 \text{ с}^{-1}$ до $2,2 \text{ с}^{-1}$, при этом абсолютный максимум увеличивается в $1,51$ раза.

Разработанная методика расчета процесса движения колесной трелевочной машины с технологическим оборудованием объединяет математические модели процесса движения по реальному волоку, что позволяет получать информацию по нагруженности динамической системы и дает возможность выбирать ее размерно-кинематические параметры.

УДК 621.372.8:535

ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
НАНОРАЗМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

А. Б. СОТСКИЙ, С. О. ПАРАШКОВ, *Л. И. СОТСКАЯ

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Неразрушающий оптический контроль наноразмерных металлических покрытий в микроэлектронике сталкивается с серьезными проблемами, вызванными некорректностью обратных оптических задач. Их успешное решение требует задания как можно более простого алгоритма обработки экспериментальных данных для параметров отраженного светового пучка. В настоящем сообщении описан новый алгоритм такого рода, основанный на анализе угловой структуры энергетического коэффициента отражения. Соответствующие измерения могут быть выполнены с применением техники волноводной спектроскопии при отсутствии призмы связи.

Максимизация чувствительности оптического контроля слоев эквивалентна минимизации погрешности решения обратной оптической задачи. В случае применения метода наименьших квадратов минимизируется целевая функция:

$$I = \sum_{j=1}^n [f(x_i, \beta_j) - \varphi(\beta_j)]^2, \quad (1)$$

где n – число отсчетов энергетического коэффициента отражения φ ; $f(x_i, \beta)$ – теоретическая модель коэффициента отражения; x_i ($x_1 = h$, $x_2 = \text{Re} n_f$, $x_3 = \text{Im} n_f$; h – толщина металлической пленки; n_f – ее показатель преломления) – параметры модели, подлежащие определению; $\beta = \sin \theta$ – параметр, определяемый углом падения светового пучка θ , который изменяется в диапазоне (a, b) .

Тогда среднеквадратичная погрешность $\sigma(x_k)$ восстановления параметра x_k может быть оценена по формуле:

$$\sigma(x_k) = \sigma(\varphi) J_k \sqrt{(b-a)/n},$$

где $J_k^2 = \int_a^b \sum_i [M_{ki}^{-1} (\partial f / \partial x_i)]^2 d\beta$ $M_{ki} = \int_a^b (\partial f / \partial x_i) (\partial f / \partial x_k) d\beta$, (a, b) – диапазон изменения β ; $\sigma(\varphi)$ – среднеквадратичное отклонение отсчетов φ .

На рис. 1 представлена расчетная зависимость коэффициента ошибки $J_1(h)$. Расчеты выполнены при $a=0$, $b=1$ на длине волны $\lambda_0 = 0,6328 \text{ мкм}$

УДК 621.317
МАГНИТОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

И. Т. СКУРТУ, Т. А. БРАНОВИЦКАЯ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Учитывая важную роль магнитных свойств электротехнических сталей (ЭТС) в обеспечении технических характеристик изделий электромашиностроения, весьма актуальным является проведение входного контроля качества этого материала.

В Институте прикладной физики НАН Беларуси ведутся исследования по созданию современных средств измерения магнитных свойств ЭТС, отвечающих установленным международным нормам и процедурам. К одной из решаемых при этом задач относится учет влияния особенностей (геометрических, конструктивных и др.) магнитной цепи преобразователя, частично или полностью образуемой испытуемым образцом, на её магнитные характеристики. Действенным фактором такого влияния является неоднородность процессов перемагничивания, приводящая к существенному отличию измеренных усредненных магнитных характеристик образца от соответствующих характеристик материала. Для испытания ЭТС принято использовать образцы в виде магнитопровода кольцевой формы, набора полос установленных размеров, собранных в виде рамки (эпштейновская проба) или отдельного листа, помещенного в пермеаметр.

В данной работе путём моделирования магнитных цепей преобразователя было найдено распределение и рассчитаны средние значения напряженности и индукции магнитного поля в объеме испытуемых образцов. На основе полученных результатов и их анализа разработана универсальная методика расчета эффективной длины средней магнитной линии образцов различной формы, включая указанные выше. Это позволило учесть влияние неоднородного распределения магнитной индукции и напряженности магнитного поля и разработать унифицированную магнитоизмерительную установку (см. рис. 1), позволяющую проводить испытания ЭТС на любом, из указанных выше, образцов с точностью, соответствующей требованиям нормативной документации (ГОСТ 12119.4-5.-98).

Основными измеряемыми характеристиками при испытании ЭТС являются, как известно, значения удельных магнитных потерь и амплитуды магнитной индукции в материале.



Рис. 1. Установка магнитоизмерительная для испытания электротехнической стали

УДК 629.113
ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА С ОСЕВЫМ НАЖИМОМ

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Повышение безопасности движения транспортных средств требует новых решений при создании тормозных механизмов.

Благодаря таким преимуществам как стабильность тормозного момента, уравновешенность тормоза, уменьшение неподрессоренной массы, удобство размещения тормоза в колесных узлах дисковые тормоза нашли широкое применение на транспортных средствах.

Большинство дисковых тормозов имеет гидравлический привод. Однако, используя гидропривод, приходится мириться с его сложностью, высокой стоимостью и опасностью потери работоспособности при нередком выходе из строя тормозного шланга.

Это означает, что использование гидропривода влечет за собой как увеличение общей стоимости транспортного средства, так и его сложности. В то же время, объективная реальность требует снижения стоимости транспортного средства, обеспечения максимальной простоты в обслуживании и ремонте при одновременном соответствии транспортного средства высоким требованиям безопасности движения и динамическим показателям.

Дисковые тормоза с механическим приводом, сочетающие в себе невысокую стоимость и надежность, в совокупности с достаточной эффективностью делают их применение наиболее выгодным.

Дисковые тормоза с осевым нажимом обладают рядом таких преимуществ, как большая энергоемкость, большие тормозные моменты при сравнительно небольших размерах самого тормоза, стабильность работы, возможность использования дискового тормоза с осевым нажимом на различных видах транспортных средств, использование данного типа дискового тормоза в качестве аварийного и стояночного тормоза, повышение безопасности тормозной системы за счет использования механического привода при передаче на механизм управляющего воздействия, повышение ресурса службы во время эксплуатации путем использования большей площади рабочей поверхности, конструктивная простота защиты тормоза от пыли и грязи.

Разработанный дисковый тормоз с осевым нажимом и механическим приводом позволяет повысить ресурс эксплуатации тормозного механизма без дополнительного обслуживания, снизить стоимость изготовления механизма с приводом.

УДК 69.05
ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА БЕСКАРКАСНЫХ ГИПСОКАРТОННЫХ
ПЕРЕГОРОДОК

Е. М. АМЕЛИН, К. В. ЦЫГАНКОВ, И. Л. ОПАНАСЮК, С. В. ДАНИЛОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На современном этапе в практике строительства широко используются каркасные гипсокартонные перегородки. Каркас этих конструктивных элементов состоит из дерева или тонкостенных гнутых стальных профилей. Деревянные каркасы перегородок имеют определенные преимущества и недостатки перед стальными. К ним следует отнести низкую, по сравнению со сталью, цену и затраты рабочего времени при изготовлении деревянных конструкций, которые примерно в два раза больше, чем стальных.

Стальной каркас состоит из элементов двух типов: одни - горизонтальные, прикрепленные к полу и потолку, вторые – вертикальные.

Работы по устройству перегородки начинаются с разметки её будущего местонахождения. Для обеспечения их звукоизоляции необходимо подложить под все профили, соприкасающиеся с потолками, полами и стенами, прокладку из специальной звукоизоляционной ленты.

Устройство такой конструкции гипсокартонных перегородок являются очень трудоемким и материалоемким процессом. С целью повышения их эффективности авторами предлагается конструкция и технология устройства бескаркасных гипсокартонных перегородок, состоящих из двух гипсокартонных листов и прокладок между ними.

В процессе изготовления нарезаются полосы шириной 100–150 мм из гипсокартона, которые скрепляются между собой клеем, и служат в качестве прокладок. Затем на цельный гипсокартонный лист крепят прокладки в поперечном направлении листа с шагом 600–700 мм. Для обеспечения связи будущих элементов, прокладки приклеивают с выступом за грань листа на 25–30 мм. После приклеивания всех прокладок, устанавливают на клей второй цельный гипсокартонный лист и дают время на высыхание изделия.

Предложенная технология устройства бескаркасных перегородок увеличивает расход гипсокартонных листов на 20–25 %, но при этом не требует устройства каркасов из дерева или стального гнутого профиля, что значительно снижает стоимость, трудоемкость и продолжительность выполнения работ.

индуцируется ЭДС, поступающая на вход измерительного канала 4. Информационным параметром ЭДС служит площадь ее однополярного импульса, пропорциональная Φ_d . Изменения скорости движения изделия не изменяют площадь однополярного импульса индуцированной ЭДС и не влияют на результат их сортировки блоком 5.

Для повышения чувствительности устройства к остаточной намагниченности сортируемых тел качения и коэрцитивной силе их материала и увеличения информационных сигналов устройства относительно электромагнитных помех промышленной частоты, измерительный преобразователь 3 помещен в охватывающий его экран 6 из магнитомягкого ферромагнитного материала [2].

Экран ослабляет действие намагничивающего поля на сортируемое изделие в области расположения измерительного преобразователя. За счет этого повышается чувствительность сигнала преобразователя к остаточной намагниченности сортируемых тел качения и коэрцитивной силе их материала и, благодаря этому, достоверность контроля. Экран обеспечивает также ослабление влияния внешних электромагнитных полей промышленной частоты на сигнал измерительного преобразователя. Одновременно экран, при движении намагниченных изделий сквозь него, формирует подмагничивающее поле, напряженность которого пропорциональна остаточной намагниченности изделия и коэрцитивной силе его материала. Подмагничивающее поле увеличивает намагниченность контролируемых изделий и их магнитное потокосцепление с измерительным преобразователем. Происходит усиление сигнала преобразователя, обусловленное движением сквозь его обмотки намагниченного сортируемого изделия, находящегося в подмагничивающем поле. Усиление сигнала преобразователя пропорционально остаточной намагниченности изделия и коэрцитивной силе его материала. За счет этого повышается отношение сигнал/шум преобразователя и, благодаря этому, достоверность контроля.

В докладе проведено математическое моделирование и расчеты, позволившие получить количественную оценку указанных эффектов. Эксперименты и результаты внедрения показали, что проведенная в соответствии с [2] модернизация прибора МАКСИ-П повысила чувствительность информационного параметра к структуре исследованных отливок в 1,25 раза. Уровень сигналов преобразователя возрос в 1,35 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сандомирский, С. Г. Современные возможности магнитного контроля структуры изделий (обзор) / С. Г. Сандомирский // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 1. – С. 40–46.
2. Сандомирский, С. Г. Устройство для сортировки тел качения / С. Г. Сандомирский // Патент Республики Беларусь на полезную модель № 5712. – 2009 г.

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Наиболее совершенным прибором для сортировки малогабаритных чугунных отливок по структуре является прибор МАКСИ-П (портативный) [1]. Намагничивание изделия осуществляется в открытой магнитной цепи ортогонально направлению движения в стационарном поле $H_e \approx 46$ кА/м двухполюсной магнитной системы. Прибор измеряет остаточный магнитный поток Φ_d в изделии.

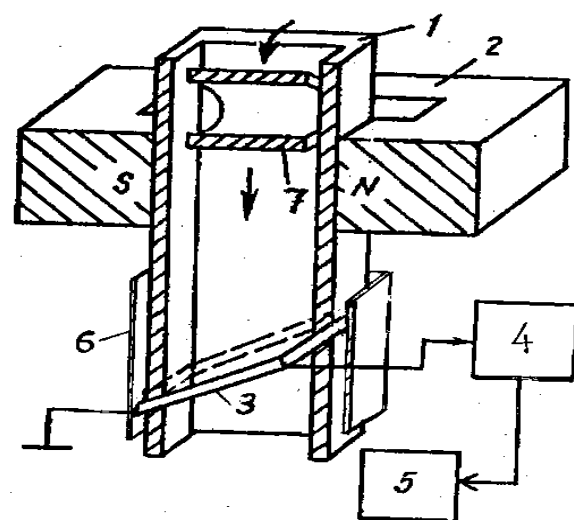


Рис. 1. Усовершенствованная функциональная схема прибора МАКСИ-П

Сортируемые изделия 7 поштучно поступают в направляющую 1 в положении, при котором продольные оси изделия и направляющей ортогональны. При движении вдоль направляющей сортируемые изделия намагничиваются между полюсами S и N намагничивающей системы 2. При симметричном движении изделия между полюсами магнитная сила, тормозящая движение изделий, не возникает. При смещении изделия от оси симметрии к одному из полюсов величина этой силы во много раз меньше, чем при намагничивании изделий в поле той же напряженности, направленном параллельно оси движения изделий. В силу инерции своего движения, изделия преодолевают тормозящую силу трения о боковую стенку направляющей, не останавливаются в поле намагничивающей системы, а выходят из зоны действия намагничивающего поля и движутся дальше в намагниченном состоянии. При движении намагниченного изделия сквозь индукционные обмотки измерительного преобразователя 3 на его выходе

В. В. БАБИЦКИЙ, М. ГОЛШАНИ

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

По мере развития бетоноведения, как науки, совершенствуются и методы проектирования состава бетона. Они уже не ограничиваются лишь расчетом расходов вяжущего, заполнителей и воды с целью обеспечения только прочности бетона в проектном возрасте (как ранее), но также его морозостойкости и водонепроницаемости, и даже коррозионной стойкости бетона и железобетона. Естественно, расчетные формулы, лежащие в основе того или иного метода, должны соответствующим образом корректироваться, изменяться должны и принципы проектирования.

Любой метод подбора (или проектирования) базируется на аналитической зависимости для расчета прочности бетона. При всем многообразии таких формул авторы остановились на следующей:

$$f_B = \frac{0,3 \cdot k_3 \cdot k_r \cdot f_{ц}}{k_{ТО} \cdot \left[\left(\frac{B}{Ц} \right)_B - 0,08 \right]}, \quad (1)$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий влияние заполнителей на прочность бетона; k_r – коэффициент, зависящий от степени гидратации цемента; $f_{ц}$ – активность цемента, МПа; $k_{ТО}$ – коэффициент, зависящий от отпускной прочности бетона; f_B – требуемая прочность бетона в проектном возрасте, МПа; $(B/C)_B$ – водоцементное отношение бетонной смеси.

Сравнительный анализ с другими формулами показал ее относительно высокую точность, при достаточном многообразии возможностей. Так, например, она позволяет рассчитывать текущую и конечную прочность бетона как естественного твердения, так и подвергнутого тепловлажностной обработке. Морозостойкость и водонепроницаемость бетона учитываются по их взаимосвязи с водоцементным отношением.

В основе большинства методов подбора состава бетона лежит соотношение расхода воды и удобоукладываемости бетонной смеси, что представляется недостаточным. Поэтому получены формулы, связывающие удобоукладываемость бетонной смеси с водоцементным отношением и объемом цементного теста (V_T) – осадка конуса (ОК) возрастает с увеличением $(B/C)_B$ и V_T , а жесткость (Ж) падает.

Для подвижной смеси (ОК в см), (m^3)

$$V_T = \frac{0,17 \cdot OK^{0,1}}{\sqrt[3]{\left[\left(\frac{B}{\Pi}\right)_B\right]^2}} + 0,07 \cdot \left(\frac{B}{\Pi}\right)_B^3 \quad (2)$$

Для жесткой (Ж в с), (м³)

$$V_T = \frac{0,2}{\sqrt[3]{\left[\left(\frac{B}{\Pi}\right)_B\right]^2}} + 0,07 \cdot \left(\frac{B}{\Pi}\right)_B^3 \quad (3)$$

Далее в зависимости от объема цементного теста и водоцементного отношения бетонной смеси по общеизвестным формулам рассчитывают расходы цемента и воды. Расход песка и щебня определяют в соответствии с найденной (по имеющимся в литературе графикам или таблицам) долей мелкого заполнителя в смеси мелкого и крупного.

В дальнейшем, при наличии пластифицирующих добавок, корректируется расход воды (при сохранении заданной удобоукладываемости) с целью повышения физико-механических характеристик бетона, либо снижения расхода цемента.

Статистический анализ показал привлекательность предложенной системы проектирования состава бетона.

Однако авторы не ограничились разработкой метода проектирования состава бетона с традиционными требованиями. Получен ряд формул, позволяющих увязать условия, в которых эксплуатируются железобетонные конструкции, с интенсивностью карбонизации бетона и накопления хлор-ионов в приарматурной зоне бетона, то есть связать спроектированный состав бетона с его долговечностью. Расчет достаточно трудоемок, поэтому разработаны номограммы (количество их 16), при использовании которых, инженер-технолог достаточно оперативно принимает оптимальное решение.

Последовательно рассчитывают (дополнительно к сказанному выше): степень гидратации цемента; водопоглощение (или сорбционную влажность) бетона; капиллярную пористость цементного камня; реакцию емкость бетона (объем углекислого газа, поглощаемого единицей объема бетона); эффективные коэффициенты диффузии углекислого газа и хлор-ионов в бетоне; глубину карбонизации бетона защитного слоя, критическое количество хлор-ионов и их содержание в приарматурной зоне. На основании расчетов делается вывод о состоянии стальной арматуры – будет ли в выбранных условиях эксплуатации и в заданный срок ее коррозия. В случае начала коррозии – состав бетона корректируется.

Отметим, что в практически возможном диапазоне изменения K_{II} стальной (0,4 ≤ K_{II} ≤ 0,8) при любом $0 \leq \zeta < \infty$ чувствительности $S_{H_C}^{H_{re}}$ положительна, а $S_{M_R}^{H_{re}}$ отрицательна. Это означает, что увеличение H_C и уменьшение M_R приводит к увеличению H_{re} .

Результаты проведенного анализа показывают, что с увеличением параметра ζ изделия чувствительность его H_{re} к структурочувствительному параметру H_C резко (тем резче, чем меньше K_{II} материала) уменьшается от 1 до значений, близких к 0. Так, уже при $\zeta = 20$, чувствительность $S_{H_C}^{H_{re}}$ находится в пределах от 0,5 до 0,1. Таким образом, если зависимость $H_C(T_{отп})$ стали имеет монотонный и однозначный характер, использовать результат измерения H_{re} изделий из этой стали для ее магнитной структуроскопии не имеет смысла, так как H_C изделия, равная H_C его материала, может быть измерена проще, с меньшей погрешностью и не зависимо от возможных изменений размеров изделий.

С увеличением параметра ζ изделий из материалов с $0,6 \leq K_{II} \leq 0,8$ чувствительность его H_{re} к структурочувствительному параметру M_R резко (тем резче, чем больше K_{II} материала) возрастает (по модулю) от значений 0,20–0,28 (для материала – при $\zeta = 0$) до значений, превышающих 1 и определяемых соотношением (4'). Значение $|S_{M_R}^{H_{re}}| = 1$ для изделий из материалов с $0,6 \leq K_{II} \leq 0,8$ превышено при $\zeta > 3$, значение $|S_{M_R}^{H_{re}}| = 2$ – при $\zeta > 20$. Для изделий с $\zeta > 40$ при $K_{II} = 0,8$ релаксационная коэрцитивная сила H_{re} изделия в 5 раз (а при $\zeta \rightarrow \infty$ – в 7 раз) более чувствительна к структурным превращениям материала, вызывающим изменения его M_R , чем сам параметр M_R . Этим и происходящим одновременно снижением чувствительности H_{re} к параметру H_C , объясняется различный ход зависимости от технологических факторов H_{re} изделий разных размеров. Предпосылкой возможности магнитной структуроскопии изделий по их H_{re} может служить монотонное изменение M_R материала изделий под влиянием технологических факторов при немонотонном изменении или постоянстве H_C и M_S материала. При этом K_{II} материала в области немонотонного изменения H_C должен превышать значение 0,6, а параметр ζ изделия – значение 8. Тогда H_{re} изделия может быть в 2–7 раз более чувствительна к структурным превращениям материала, вызывающим изменения его M_R , чем сам параметр M_R .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сандомирский, С. Г. Расчет релаксационной коэрцитивной силы ферромагнитного тела / С. Г. Сандомирский // Электротехника. – 2011. – № 2. – С. 58–62.
2. Сандомирский, С. Г. Анализ структурной и фазовой чувствительности релаксационной коэрцитивной силы ферромагнитного тела / С. Г. Сандомирский // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 9. – С. 19–24.

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Основными магнитными параметрами сталей, чувствительными к их структуре (уровню напряжений, величине зерна, дефектов в кристаллической решетке и др.), являются коэрцитивная сила H_C и остаточная намагниченность M_R . Но в последнее время в магнитном анализе используют релаксационную коэрцитивную силу H_{re} изделия.

Целью доклада является определение чувствительности H_{re} стальных изделий к изменениям H_C и M_R их материалов.

Задача расчета H_{re} изделий по размагничивающему фактору N и результатам измерения основных магнитных параметров предельной петли гистерезиса материала изделий (H_C , M_R и M_S) решена автором в [1]:

$$H_{re} \approx H_C \left[1 + 0,64 \left(1 - \frac{M_R}{M_S} \right)^2 \right] + \frac{4}{3} M_R \left(1 - \frac{M_R}{M_S} \right)^2 N. \quad (1)$$

С использованием (1) и формул для расчета N ферромагнитных тел зависимости H_{re} изделий от технологических факторов могут быть рассчитаны по результатам измерения H_C , M_S и M_R материала изделий.

Это позволяет использовать (1) для анализа влияния магнитных свойств и размеров изделий на их H_{re} .

Для проведения анализа воспользуемся чувствительностью $S_x^{H_{re}}$ величины H_{re} к параметру x (в качестве x могут быть H_C или M_R) [2]:

$$S_x^{H_{re}} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta H_{re} / H_{re}}{\Delta x / x} = \frac{x}{H_{re}} H'_{re x}, \quad (2)$$

где ΔH_{re} – изменение H_{re} при изменении Δx параметра x и постоянстве других параметров; $H'_{re x}$ – производная H_{re} по параметру x .

Чувствительность $S_x^{H_{re}}$ показывает в какой степени изменение параметра x изменяет H_{re} . Из (2) с учетом (1) получим:

$$S_{H_C}^{H_{re}} = \left\{ 1 + \frac{4}{3[0,64 + (1 - K_{II})^{-2}]} \xi \right\}^{-1}; \quad (3)$$

$$S_{M_R}^{H_{re}} = \frac{(1 - 3K_{II})4\xi/3 - 1,28K_{II}}{(1 - K_{II})[0,64 + (1 - K_{II})^{-2} + 4\xi/3]}, \quad (4)$$

где $\xi = M_R N / H_C$; $K_{II} = M_R / M_S$.

Е. Е. БАБИЧ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
Ровно, Украина

В нормативных документах [1, 2] рассматриваются элементы прямоугольного и двутаврового профиля, однако много случаев, когда в строительстве используются конструкции треугольного профиля. Расчетный аппарат для определения несущей способности их не разработан.

В железобетонных элементах треугольного профиля (в зависимости от расположения) в рабочем состоянии сжатая зона может иметь форму треугольника или трапеции. Для обоих случаев общие уравнения равновесия имеют одинаковую структуру, а разница между ними заключается в определении площади сжатой зоны сечения (рис. 1).

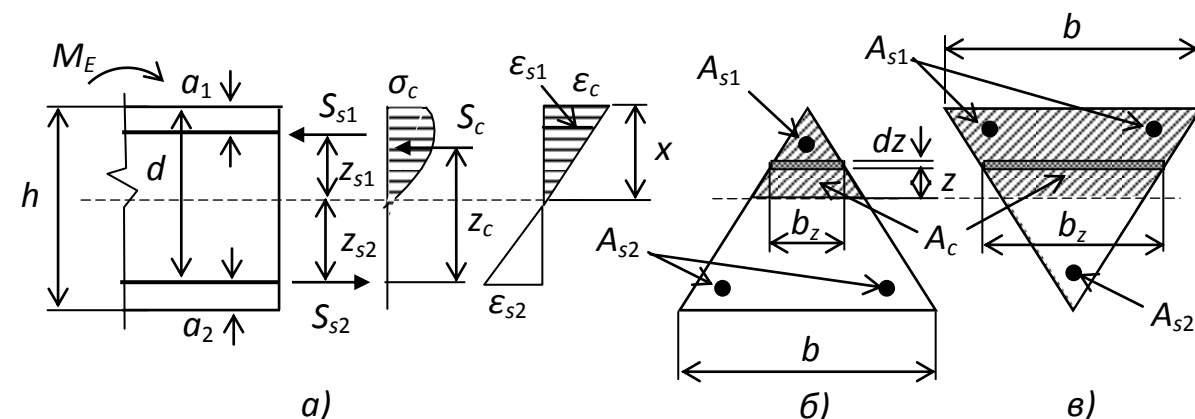


Рис. 1. Схема внутренних усилий, эпюры напряжений и деформаций: в материалах (а); треугольная (б) и трапециевидная (в) формы сжатой зоны сечения

Условия прочности для таких элементов при фиксированном значении деформации бетона $\epsilon_{c(1)}$ и высоты сжатой зоны $x = z_{(1)}$ можно записать в виде:

– форма сжатой зоны бетона имеет вид треугольника

$$M_E \leq C \frac{bz_{(1)}^3}{h\epsilon_{c(1)}^2} - D \frac{bz_{(1)}^3}{h\epsilon_{c(1)}^3} + A_{s1} E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (z_{(1)} - a_1)^2 + A_{s2} E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (d - z_{(1)})^2, \quad (1)$$

$$B \frac{bz_{(1)}^2}{h\epsilon_{c(1)}} - C \frac{bz_{(1)}^2}{h\epsilon_{c(1)}^2} + A_{s1} E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (z_{(1)} - a_1) = A_{s2} E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (d - z_{(1)}); \quad (2)$$

– форма сжатой зоны бетона имеет вид трапеции

$$M_E \leq C \frac{hbz_{(1)}^2 - bz_{(1)}^3}{h\epsilon_{c(1)}^2} + D \frac{bz_{(1)}^3}{h\epsilon_{c(1)}^3} + A_{s1}E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (z_{(1)} - a_1)^2 + A_{s2}E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (d - z_{(1)})^2 ; \quad (3)$$

$$B \frac{hbz_{(1)} - bz_{(1)}^2}{h\epsilon_{c(1)}} + C \frac{bz_{(1)}^2}{h\epsilon_{c(1)}^2} + A_{s1}E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (z_{(1)} - a_1) = A_{s2}E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_{(1)}} (d - z_{(1)}) . \quad (4)$$

Если принять диаграмму деформирования бетона в виде полинома пятой степени [1], то коэффициенты С, В и D, которые входят в формулы (1–4), определяются выражениями:

$$B = \int_0^{\epsilon_{c(1)}} \sigma_c d\epsilon_c = f_{cd} \epsilon_{c(1)} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\epsilon_{c(1)}}{\epsilon_{c1}} \right)^k ; \quad (5)$$

$$C = \int_0^{\epsilon_{c(1)}} \sigma_c \epsilon_c d\epsilon_c = f_{cd} \epsilon_{c(1)}^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\epsilon_{c(1)}}{\epsilon_{c1}} \right)^k ; \quad (6)$$

$$D = \int_0^{\epsilon_{c(1)}} \sigma_c \epsilon_c^2 d\epsilon_c = f_{cd} \epsilon_{c(1)}^3 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+3} \left(\frac{\epsilon_{c(1)}}{\epsilon_{c1}} \right)^k , \quad (7)$$

где f_{ck} – расчетное значение прочности бетона на сжатие; a_k – коэффициенты полинома [1]; ϵ_{c1} – относительные деформации бетона при максимальном напряжении сжатия [1]; σ_c и ϵ_c – соответственно напряжения и относительные деформации бетона соответственно.

Согласно [2] за критерий исчерпания несущей способности сечения можно принимать разрушение сжатого бетона при достижении фибровыми деформациями предельных значений ϵ_{cu1} или разрыв растянутых стержней арматуры в результате достижения в них предельных деформаций ϵ_{ud} .

В формулах (1–7) при определении несущей способности поперечных сечений неизвестными являются деформации бетона ϵ_c и высота сжатой зоны бетона x . Поэтому задача решается методом последовательных приближений. Первоначально задаются относительными деформациями сжатия бетона $\epsilon_c = \epsilon_{c(1)}$ и высотой сжатой зоны бетона $x = z_{(1)}$. На первом шаге приближения можно принять $z_{(1)} = 0,5 d$ и проверить условия (2) и (4), которые должны выполняться с заданной точностью (можно принимать ± 2 или ± 5 %). Если названные условия не выполняются, на втором шаге проводят уточнение значения $x = z_{(2)} = z_{(1)}(1 \pm 0,05)$ и повторяют проверку условий (2) и (4). Уточнение x выполняют до удовлетворения условий (2) и (4), после чего вычисляют несущую способность поперечного сечения при заданной деформации бетона $\epsilon_{c(1)}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДСТУ Б В. 2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 166 с

$$W_{if} = \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{d_f^2} \int_0^{\alpha_f} P d\alpha, \quad (1)$$

где γ – угол при вершине пирамиды; d_f – критическая диагональ отпечатка; α_f – критическая глубина вдавливания, при которой $W_{if} = W_i$; P – контактное усилие.

$$\alpha_f = \frac{d_f}{2\sqrt{2} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}} . \quad (2)$$

Для определения критической глубины вдавливания α_f было предложено использовать известную формулу Гриффитса:

$$K_{1c} = \sqrt{2EW_i}, \quad (3)$$

где E – модуль упругости материала.

Определяя значение твердости материала, как среднее удельное давление:

$$H = 2P/d^2, \quad (4)$$

и учитывая формулу (2), получаем:

$$P = 4H\alpha_f^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\gamma}{2} . \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в выражение (1), находим:

$$W_{if} = \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{d_f^2} \int_0^{\alpha_f} P d\alpha = \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{d_f^2} \int_0^{\alpha_f} 4H\alpha_f^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\gamma}{2} d\alpha = \frac{H\alpha_f \sin \frac{\gamma}{2}}{3}. \quad (6)$$

Используя совместно формулы (3) и (6) находим искомое выражение для коэффициента интенсивности напряжений K_{1c} :

$$K_{1c} = \sqrt{\frac{2}{3} EH\alpha_f \sin \frac{\gamma}{2}}. \quad (7)$$

Состоятельность разработанных положений подтверждена экспериментальной проверкой на образцах из пирогرافита.

УДК 539.42
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ХРУПКИХ
УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Т. А. ПРОТАСЕНЯ, А. П. КРЕНЬ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В настоящее время углеродсодержащие конструкционные материалы широко применяются для изготовления различных уплотнителей авиационных и ракетных двигателей, насосов по перекачке агрессивных жидкостей, нефти и газа. Необходимость контроля изделий, изготовленных из данных материалов, обусловлена не только ответственностью их применения, но и большой стоимостью. Наряду с высокой прочностью углеродсодержащие конструкционные материалы обладают низкой трещиностойкостью, которая во многом определяет их технические характеристики. Поэтому проведение неразрушающего контроля данного параметра представляет интерес для промышленности.

Существующие методы оценки трещиностойкости материалов требуют изготовления специальных образцов, а также использования громоздкого оборудования (разрывных машин), что делает невозможным их применение в реальных, а не в лабораторных условиях. Наиболее перспективными методами оценки трещиностойкости являются методы вдавливания индентора с последующей оценкой критического коэффициента интенсивности напряжений (K_{1C}) на основании параметров деформирования. Известные методики, использующие твердомер Виккерса, предполагают применение дорогостоящего оптического оборудования для визуального определения параметров трещин, что вносит в результаты измерения дополнительную субъективную погрешность и, кроме этого, являются разрушающими.

В работе предлагается методика расчета K_{1C} , в основе которой лежит предположение о том, что напряженно-деформированное состояние на конце трещины отрыва по своим характеристикам близко к тому, которое формируется при внедрении индентора в материал. В этом случае, при достижении нормальным напряжением разрушения в центре отпечатка критического напряжения разрушения, работа, необходимая для зарождения и роста трещины W_f , коррелирует с работой, затрачиваемой на деформацию материала индентором W_{if} .

Для индентора правильной пирамидальной формы значение W_{if} может быть найдено по формуле:

УДК 624.012:539.432
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА КРАТКОВРЕМЕННУЮ
ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ

Е. М. БАБИЧ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
Ровно, Украина

Бетону присущи «биологические» свойства – старение и наследственность, которые раскрывают физическую сущность процессов, происходящих в нагруженном бетоне. Термин «старение», с одной стороны, характеризует увеличение во времени прочности и модуля упругости, а с другой стороны – уменьшение деформаций ползучести с увеличением возраста нагружения. Термин «наследственность» подчеркивает влияние истории нагружения и длительности его действия на деформацию бетона в любой момент времени [1, 2]. К свойству наследственности можно отнести: влияние длительного нагружения на кратковременную прочность и модуль полных деформации бетона.

В теории бетона и железобетона существует вопрос о влиянии длительных нагружений на последующую кратковременную прочность при сжатии. Это важно не только для определения надежности бетонных и железобетонных конструкций, но и, во многих случаях, для проверки несущей способности конструкций после длительной эксплуатации, при реконструкции зданий и сооружений, при расчетах ресурса, в процессе паспортизации. К сожалению, эти вопросы всесторонне не изучены, а в последние 20 лет такие исследования не проводились.

В работе выполнен анализ результатов экспериментальных исследований различных авторов и дана им статистическая оценка. Необходимо отметить, что рассматриваемые экспериментальные исследования выполнялись с бетонами различной прочности, при различных уровнях нагружения и различной продолжительности их действия.

Статистическая обработка экспериментальных данных позволяет определять призмную прочность бетона после длительного нагружения $f_{sm,prism,l}$ по формуле :

$$f_{sm,prism,l} = k_l f_{sm,prism}, \quad (1)$$

где $f_{sm,prism}$ – призмная прочность бетона, который не подвергался длительному нагружению; k_l – коэффициент, учитывающий влияние длительного нагружения на изменение прочности бетона (рис. 1).

Он определяется по формуле

$$k_l = 1 + 0,59\eta_l - 2,27\eta_l^2 + 5,25\eta_l^3 - 4,08\eta_l^4, \quad (2)$$

где η_l – относительный уровень длительного нагружения.

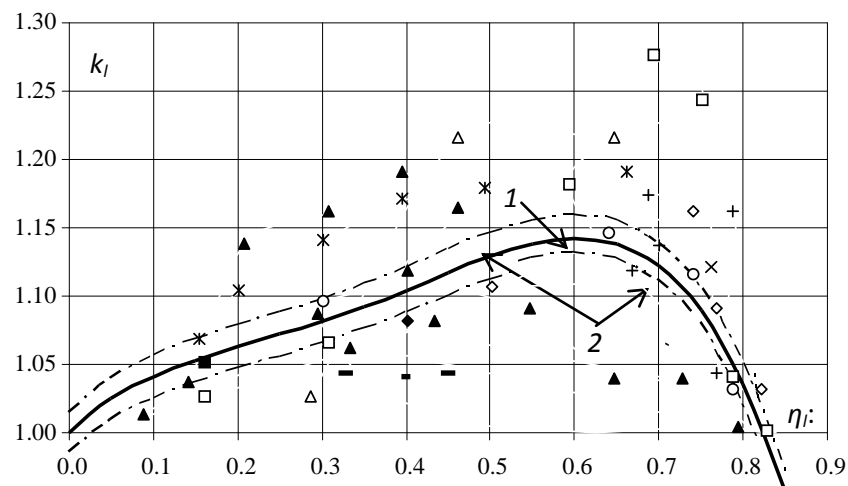


Рис. 1. Зависимость коэффициента изменения кратковременной прочности бетона k_l от начального уровня длительного нагружения η_l : □ – исследования И.Е. Прокоповича, В.М. Кобринца, И.А. Твардовського; ◇ – И.Е. Прокоповича, В.М. Кобринца, И.И. Темнова, Абу Аль Ниадж Мохаммед, Л.В. Черной; × – А.Ю. Свитлика, И.Е. Прокоповича, В.Ф.Мазура; ж – Б.А. Аскарлова, Д.Р. Маилаяна, Д.Р. Хасанова; – – Т.М. Пецольда; – – Г.Г. Сафонова; ◆ – Ю.И. Котова; △ – А.И. Семенова, С.И. Аржановского; ■ – С.В. Киреевой, И.А. Русинова; ○ – 1 – 6 серии автора; 1 – теоретические значения по формуле (1); 2 – граница доверительных интервалов

Формула (2) имеет удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными: среднеквадратическое отклонение отношения экспериментальных значений от теоретических, определенных по формуле (1) с учетом формулы (2), составляет 0,053 при коэффициенте вариации 5,3 %. Среднее арифметическое отношение составляет 1,02. Доверительный интервал с обеспечением 0,95 отношений экспериментальных значений коэффициента упрочнения бетона до теоретических находится в пределах 0,985...1,015 (рис. 1).

Максимальное значение $k_l = 1,149$ достигается при относительном уровне длительного нагружения $\eta_l = 0,621$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Улицкий, И. И. Расчет железобетонных конструкций с учетом длительных процессов / И. И. Улицкий, Чжан Чжун-яо, А. Б. Голышев. – Киев : Госстройиздат Украины, 1960. – 496 с.
2. Барашиков, А. Я. Расчет железобетонных конструкций на действие длительных переменных нагрузок / А. Я. Барашиков. – Киев: Будівельник, 1977. – 156 с.

правление на противоположное, что имеет место при перемещении магнита над объектом с уложенной лентой.

Показано, что вид сигнала (однополярный, двухполярный, трансформированный), обусловленного дефектом, зависит от соотношения между остаточной намагниченностью участка ленты, находившегося в зоне действия поля рассеяния дефекта, и ее остаточной намагниченностью, вызванной полем перемещаемого магнита. Это соотношение может изменяться вследствие гистерезисных явлений в магнитной ленте при изменении величины намагничивающего и (или) размагничивающего поля, величины поля рассеяния дефекта, т.к. на следе перемещаемого постоянного магнита направление намагничивания тангенциально, а в ряде случаев – нормально поверхности контролируемого объекта, изменяется на противоположное.

Показано, что сигнал, обусловленный дефектом при считывании записи с ленты дифференциальной магнитной головкой имеет однополярный (или трансформированный) вид, если одна часть ленты под влиянием поля рассеяния дефекта приобретает большую, вторая – равную, а третья – меньшую остаточную намагниченность M_{rl} , чем лента под действием внешнего поля M_{r0} . Если $M_{rl} > M_{r0}$ или $M_{rl} < M_{r0}$, то сигнал имеет двухполярный вид, а полярность его полуволин зависит от того, большую или меньшую остаточную намагниченность приобретают участки магнитной ленты в зоне дефекта по сравнению с ее участками, находившимися под действием внешнего поля.

Для повышения чувствительности метода за счет более точного определения и стабилизации режима намагничивания и положения рабочей точки магнитной характеристики магнитоносителя предложено изделие, вместе с уложенным на его поверхность магнитоносителем, намагничивать через немагнитную прокладку или воздушный зазор, величину которых выбирают с помощью разработанного устройства, из условия обеспечения наибольшего отношения сигнал / шум для дефекта минимального браковочного уровня. При этом уверенно обнаруживаются несплошности глубиной $h \geq 0,15$ мм, шириной 5 мкм и более, если параметр шероховатости контролируемой поверхности $Ra \leq 10$ мкм.

При установленных условиях новыми информационными параметрами сигналов, обусловленных дефектами, являются: вид сигнала, т.к. сигнал принимает однополярный или двухполярный вид в зависимости от наличия или отсутствия «дна» у несплошности, что позволяет повысить селективность метода; размах (вместо амплитуды), т.к. смена полярности сигнала при изменении условий контроля происходит, минуя стадию перехода через ноль его размаха, что позволяет исключить пропуск дефектов и повысить достоверность контроля элементов матрицы штампа по сравнению с традиционным методом приблизительно на 25 %.

ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СПЛОШНОСТИ
В ПОВЕРХНОМ СЛОЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ
МАГНИТОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. А. НОВИКОВ, Г. И. СКРЯБИНА, А. В. КУШНЕР

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

Весьма перспективным для обнаружения дефектов в потенциально опасных объектах является магнитографический метод контроля (МГМК), который характеризуется высокой производительностью и экономичностью, не требует предварительной зачистки поверхности контролируемого изделия. Предпочтительным является способ МГМК, при котором объект намагничивают перемещаемым постоянным магнитом через магнитоноситель, установленный на его поверхности. Он позволяет повысить мобильность метода контроля, снизить потребление электроэнергии.

Экспериментально установлено, что при МГМК с намагничиванием контролируемого объекта перемещаемым постоянным магнитом через магнитоноситель и считывании записи с ленты дифференциальным индукционным преобразователем, трещины, сквозные и узкие несквозные несплошности обнаруживаются двуполярным электрическим импульсом, а дефекты «с дном» (риски, широкие несквозные несплошности, углубления от поверхностных неровностей) выявляются в зависимости от условий контроля однополярным, трансформированным или двуполярным сигналом. Изменение вида сигнала, обусловленного дефектом «с дном», и смена его полярности происходят при удалении магнита от поверхности объекта, увеличении его высоты, переходе от намагничивания «углом вперед» к намагничиванию «углом назад», изменении угла наклона магнита и глубины дефекта, изменении крутизны характеристики магнитной ленты.

Для постоянного магнита с коэрцитивной силой $H_c=2400$ А/см и остаточной индукцией $B_r=0,39$ Тл экспериментально определены условия, при которых одновременно обеспечивается наибольшая чувствительность метода контроля и селективность к виду дефекта. При этом наиболее опасные дефекты (трещины, сквозные и узкие несквозные несплошности) обнаруживаются двуполярными сигналами, а другие дефекты (риски, углубления от поверхностных неровностей, широкие несквозные несплошности) – однополярными.

Объяснены причины смены полярности сигнала, обусловленного дефектом, при действии только тангенциальной или только нормальной составляющей напряженности внешнего магнитного поля, изменяющего на-

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ
ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е. М. БАБИЧ, В. Е. БАБИЧ, В. В. САВИЦКИЙ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

Ровно, Украина

Рассматривается изгибаемый элемент, в нормальном сечении которого есть сжатая и растянутая зона (рис. 1), но работа бетона в растянутой зоне не учитывается.

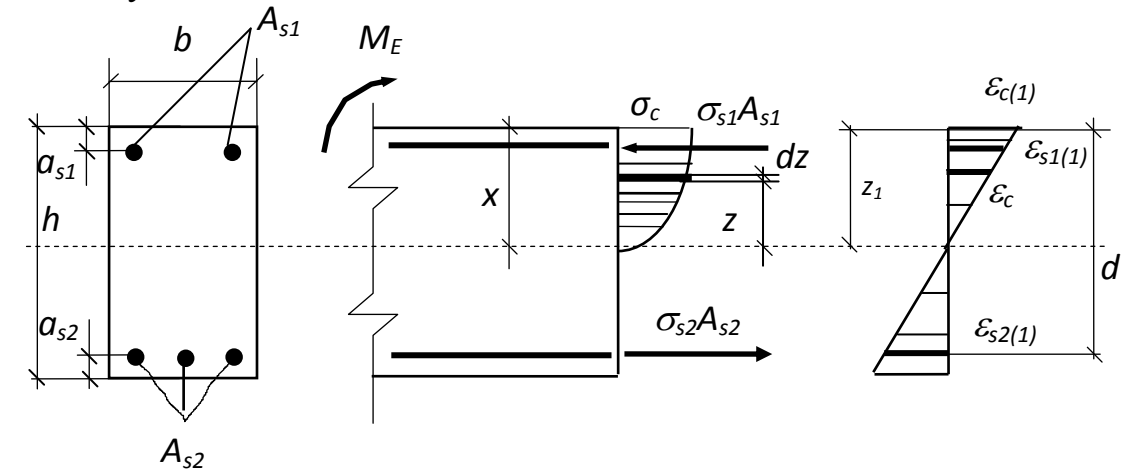


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние прямоугольного сечения с двойной арматурой

Для такого сечения условие прочности имеет вид:

$$M_{Ed} \leq M_{S(1)} = M_{c(1)} + M_{s(1)}; \quad (1)$$

$$S_{c(1)} + S_{s1(1)} - S_{s2(1)} = 0, \quad (2)$$

где M_{Ed} , $M_{S(1)}$, $M_{c(1)}$, $M_{s(1)}$ – расчетные значения, соответственно, внешнего изгибаемого момента, момента внутренних усилий, усилий в сжатом бетоне и арматуре при значении $\epsilon_c = \epsilon_{c(1)}$; $S_{c(1)}$, $S_{s1(1)}$, $S_{s2(1)}$ – внутренние усилия в сжатом бетоне, в сжатой A_{s1} и растянутой арматуре A_{s2} .

При известных деформациях в материалах и высоте сжатой зоны бетона внутренние силы в элементах прямоугольного сечения находятся по формулам:

$$S_{c(1)} = b \int_0^{z_1} \sigma_c dz = b \frac{z_1}{\epsilon_{c(1)}} \int_0^{\epsilon_{c(1)}} \sigma_c d\epsilon_c; \quad (3)$$

$$S_{s1(1)} = A_{s1} \sigma_{s1(1)} = A_{s1} E_s \epsilon_{s1(1)} = A_{s1} E_s \frac{\epsilon_{c(1)}}{z_1} (z_1 - a_{s1}); \quad (4)$$

$$S_{s2(1)} = A_{s2}\sigma_{s1(1)} = A_{s2}E_s\varepsilon_{s2(1)} = A_{s2}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(d - z_{(1)}) . \quad (5)$$

Моменты внутренних усилий относительно нейтральной линии находятся по формулам:

$$M_{c(1)} = b \int_0^{z_{(1)}} \sigma_c z dz = b \left[\frac{z_{(1)}}{\varepsilon_{c(1)}} \right]^2 \int_0^{\varepsilon_{c(1)}} \sigma_c \varepsilon_c d\varepsilon_c ; \quad (6)$$

$$M_{s1} = A_{s1}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(z_{(1)} - a_{s1})^2 + A_{s2}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(d - z_{(1)})^2 . \quad (7)$$

Несущая способность нормального сечения изгибаемых элементов прямоугольного профиля при фиксированных значениях $\varepsilon_{c(1)}$, $z_{(1)}$ и при использовании диаграммы работы бетона в виде полинома пятой степени [1] определяется по формуле

$$M_{S(1)} = f_{cd}bz_{(1)}^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^k + A_{s1}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(z_{(1)} - a_{s1})^2 + A_{s2}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(d - z_{(1)})^2 , \quad (8)$$

при этом должно выполняться условие

$$f_{cd}bz_{(1)} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^k = A_{s2}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(d - z_{(1)}) - A_{s1}E_s\frac{\varepsilon_{c(1)}}{z_{(1)}}(z_{(1)} - a_{s1}) . \quad (9)$$

За критерий исчерпания несущей способности сечения, который обуславливает потерю равновесия между внешними и внутренними усилиями, расчетный предельный момент можно определить как максимальный на диаграмме “момент – кривизна” (экстремальный критерий). Такую задачу можно решать теоретическим и практическим путями. В первом случае, необходимо записать уравнение изгибаемых моментов как функцию кривизны χ и решить уравнение $dM/d\chi = 0$ относительно изгибаемого момента. Практическим путем можно построить график зависимости между моментами и кривизной и на нем найти максимальное значение момента. График зависимости “момент – кривизна” строится следующим образом. Задаются с определенным шагом изменения деформаций сжатого бетона ε_c , затем находятся соответствующие значения деформаций в растянутой арматуре ε_s и значения изгибаемого момента M_S по формуле (8).

Кривизна элемента находится по формуле

$$\chi = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d} . \quad (10)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 166 с.

Контроль объектов производили без предварительной зачистки поверхности деталей. Намагничивание деталей осуществляли при помощи электромагнита, запитанного от источника тока ВСА-5К. Представленные ниже результаты экспериментальных исследований выполнены при различных режимах намагничивания и оптимальных углах наблюдения. Индикаторные рисунки дефектов фиксировали в приложенном магнитном поле, а также после его отключения.

В работе установлены закономерности влияния на количественные характеристики индикаторных рисунков дефектов: предварительной подготовки пленки, напряженности действующего магнитного поля, параметров несплошностей; рассмотрены вопросы обнаружения в приложенном поле и на остаточной намагниченности дефектов различного типа и вида, размеров и глубины залегания, их выявляемость в зависимости от условий контроля; произведены расчеты формирования индикаторных рисунков дефектов при оценке результатов контроля в отраженном и прошедшем излучении.

Установлено, что при угле наблюдения $\pm 50^\circ$ от нормали к поверхности пленки размах сигнала, обусловленного дефектом, остается неизменным и резко падает вне этого интервала. Результаты расчета формирования индикаторного рисунка отверстия, продольная ось которого параллельна поверхности пластины, совпадают с результатами экспериментальных исследований при оценке результатов контроля в отраженном и прошедшем излучении.

Наибольшая разрешающая способность метода имеет место при контроле в приложенном поле постоянного магнита, перемещаемого над пленкой. При этом можно различить два локальных углубления, которые перекрываются. Два протяженных наружных паза шириной 0,2 мм и глубиной 1,5 мм, пересекающиеся под углом 5° , четко различаются на визуализирующей магнитные поля пленке по всей длине несплошностей. Разрешающая способность дефектов внутренней поверхности возрастает с увеличением режима намагничивания и уменьшением глубины залегания дефекта. Так, при напряженности поля более 550 А/см минимальное расстояние между двумя различаемыми протяженными дефектами составляет от 1,5 до 2 мм в образцах толщиной от 6 до 10 мм соответственно.

Дефект диаметром 2 мм обнаруживается на глубине до 22,5 мм. С ростом напряженности поля размах сигналов, обусловленных дефектами, расположенными на различной глубине от поверхности объекта, возрастает, достигая постоянной величины при напряженности поля тем большей, чем больше глубина залегания дефекта. Закономерности нарушаются при приближении несплошности к внутренней и наружной поверхности образца (толщина образца – 25 мм, глубина залегания дефекта – 2,5 и 22,5 мм).

УДК 620.179.14

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНКИ

В. А. НОВИКОВ, Г. И. СКРЯБИНА, А. В. ШИЛОВ

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

Для визуализации магнитных полей разработана специальная пленка, представляющая собой немагнитную основу, на которой закреплены миниатюрные капсулы, содержащие залитые в гель частички никеля. В зависимости от своего расположения эти частицы по-разному отражают падающий свет. Пленка окрашивается в светлые тона, когда частицы ориентированы параллельно ее поверхности, и темнеет, если частицы расположены перпендикулярно. Если пленку поместить в магнитное поле, то частицы никеля выстраиваются по касательным к силовым линиям поля и позволяют судить об его направлении и величине. В отличие от магнитных лент, применяемых в магнитографической дефектоскопии, на пленку записывается как тангенциальная, так и нормальная составляющая поля. Это позволяет расширить возможности метода контроля, сделав его более информативным.

Для количественной оценки результатов контроля разработана программа, позволяющая значения интенсивности изображений индикаторных рисунков дефектов на пленке попиксельно экспортировать в таблицу и по усредненным значениям интенсивности изображений построить графики соответствующих зависимостей.

Для исследований применяли образцы из стали Ст3 с искусственными и естественными дефектами различного вида и типа. В образце толщиной 25 мм были выполнены отверстия диаметром 1 мм, 1,5 мм, 2 мм, 2,5 мм на глубине от 2,5 до 22,5 мм с шагом 2,5 мм. Применяли стандартные образцы предприятия СОП 2353.08 из стали 45 и СОП 2353.09 из стали 20, содержавшие канавки шириной 0,2 мм и глубиной 0,1 мм, 0,2 мм, 0,5 мм, 1 мм, 2 мм на поверхности с параметром шероховатости Ra 1,25 и дефекты глубиной 0,6 мм, 1,5 мм и 3 мм на поверхности пластины с параметром шероховатости Rz160. Узкие протяженные несплошности получали электроэрозийным методом. Локальные дефекты имитировали путем засверливания углублений в пластинах. Образцы с реальными дефектами в виде трещин были отобраны из числа забракованных изделий предприятий: элементы матрицы штампа, щит электродвигателя, проходные резцы для деревообрабатывающего токарного станка.

УДК 620.179.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО РАДАРА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

В. А. БАДЕЕВ, Е. С. МАКСИМОВИЧ, В. А. МИХНЕВ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Подповерхностные радары последнее время находят все большее применение в области контроля строительных конструкций, таких как кирпичные и бетонные здания, мосты, тоннели, дорожные покрытия, взлетно-посадочные полосы. Широкий спектр применения обеспечивается глубиной проникновения электромагнитной волны в диэлектрические материалы и достаточным разрешением для оценки толщины слоев материалов, обнаружения даже слабоконтрастных инородных включений.

Применительно к оценке состояния дорог и мостов важна высокая плотность собираемых радаром данных по всей ширине объекта. Использование традиционных методов может быть дорогим, трудоемким и не дающим целостной картины подземных изображений. Именно поэтому подповерхностный радар предлагает лучший способ быстрого сбора, обработки и визуализации данных с высокой плотностью для построения диэлектрического профиля исследуемого объекта в реальном времени.

Натурные испытания радара, разработанного в Институте прикладной физики НАН Беларуси [1], проводились непосредственно на участке проезжей части дороги и съезда с нее после ремонта. В качестве приемно-передающей системы использовались антенны на основе расширяющейся щели, расположенные в бистатической конфигурации. Съем данных производился при перемещении радара вдоль дорожного полотна с интервалом 2 см. Обработка полученных данных включала в себя обратное дискретное преобразование Фурье с использованием окна Кайзера 5-го порядка для сглаживания боковых лепестков спектра сигнала. Так как самым сильным отражением является отражение непосредственно от границы воздух/дорожное покрытие, то за нулевую точку отсчета глубины принималось положение пика отраженного сигнала, полученного при калибровке радара с использованием листа металла.

Известно, что типичный срез по глубине асфальтового дорожного покрытия состоит из следующих слоев:

- до 8 см – мелкозернистый асфальт;
- 8...20 см – крупнозернистая подложка;
- 20...60 см – щебневая подушка;
- после 60 см – песчано-гравийная смесь и земля.

На рис. 1 показаны поперечные срезы исследуемого дорожного полотна при двух разных проходах съема данных. Цветовая шкала отображает относительную амплитуду принятого сигнала в каждой точке изображения. На рис. 1, *a* четко отслеживается участок проезжей части ближе к бордюру. Меньшие нагрузки привели к меньшему послойному нарушению. На рис. 1, *b* показано заметно усиленное покрытие и неравномерность глубинных слоев. Рис. 1, *c* демонстрирует, что на съезде с дороги при реконструкции образовавшуюся яму засыпали песком, добавив крупные камни и обломки асфальта, что приведет впоследствии к образованию линз.

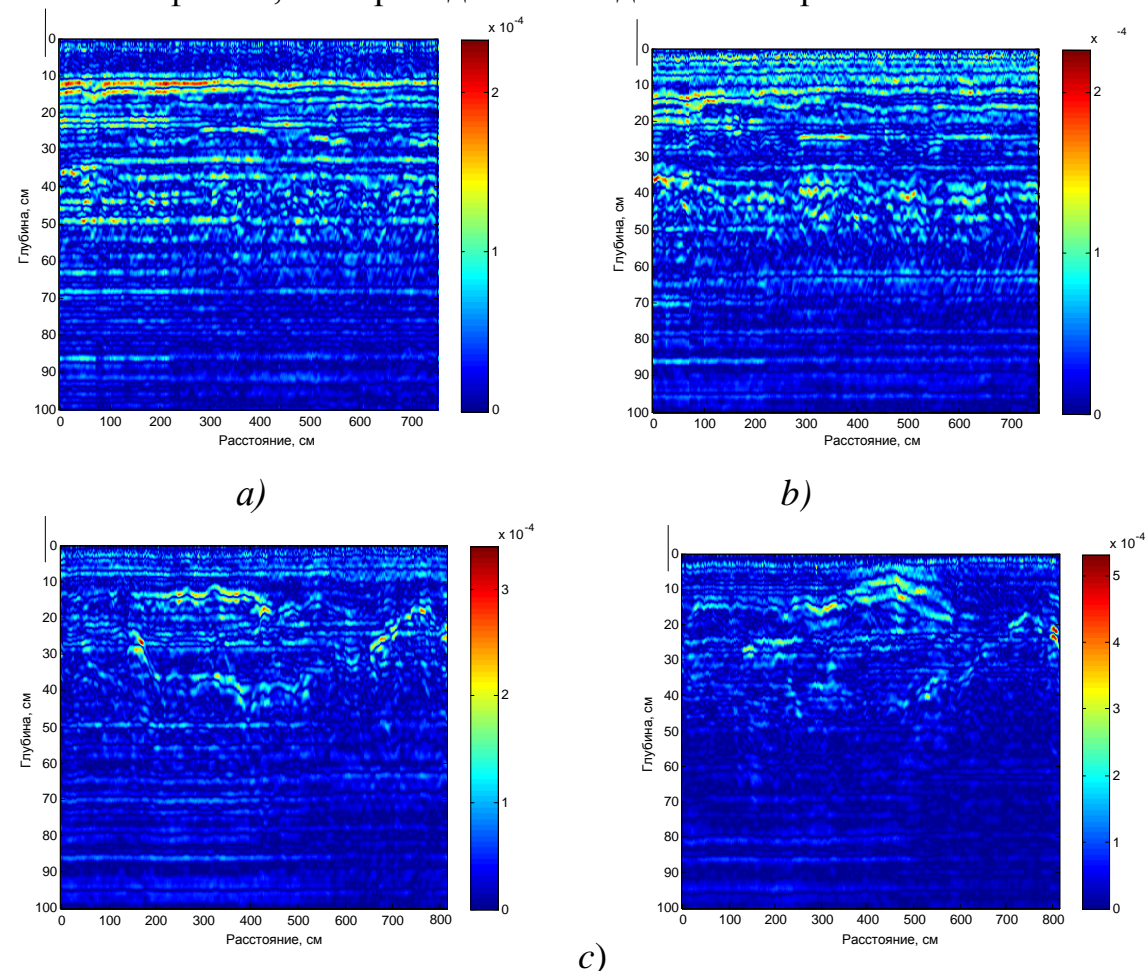


Рис. 1. Профиль дорожного полотна проезжей части (*a, b*) и съезда (*c*)

Таким образом, в ходе исследований было установлено несоответствие структуры дорожного покрытия существующим стандартам проведения дорожно-ремонтных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михнев, В. А.** Микроволновой подповерхностный радар для обнаружения и визуализации объектов в почве / В. А. Михнев, В. А. Бадеев // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций: тр междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2-3 октября 2008 г. – С. 227–228.

$I_0 \approx 30$ мкм и шириной раскрытия $H_0 \approx 2$ мкм наносился очень тонкий слой проявителя. Затем часть образца, расположенная на рис. 1, а сверху экранировалась и проявитель распылялся повторно, покрывая нижнюю часть пластины более толстым слоем. Из рис. 1. видно, что при малой толщине слоя индикации претерпевают разрывы, что ухудшает их видимость, в то время как индикации в нижней части рисунка практически не претерпевают разрывов и хорошо контрастируют на темном фоне.

В результате исследований установлено, что, например, при использовании проявителя Helling D70 нужную толщину слоя можно обеспечить равномерным напылением суспензии из аэрозольного баллончика на участок длиной 200 мм в течение 2–3 сек с расстояния 450–500 мм от поверхности контроля. Следует особо отметить, что инструкции по применению проявителей, составленные самими производителями, во многих случаях содержат существенно заниженные рекомендуемые расстояния от распылительной головки до контролируемой поверхности.

При использовании суспензионного проявителя еще один мешающий фактор – динамическое воздействие аэрозольного облака на характер образования индикаторных следов дефектов – может проявляться при близком расстоянии от распылительной головки до поверхности контроля в возникновении ярко выраженной мелкомасштабной извилистости линий индикаторных следов. Это приводит к размытости индикаций и, как следствие, к ухудшению их контраста на окружающем фоне (рис. 1, *б*). Аналогичный эффект имеет место и в тех случаях, когда аэрозольная струя направлена к контролируемой поверхности под углом, существенно отличным от 90° . При увеличении расстояния от распылительной головки до контролируемой поверхности извилистость индикаций исчезает (рис. 1, *в*). Эксперименты также показали, что динамическое воздействие особенно значительно в случае использования суспензионного проявителя с относительно низкой скоростью испарения жидкой фазы.

Таким образом, рекомендуется использовать экспериментально подобранные для каждого конкретного проявителя оптимальные значения толщины слоя проявителя. Оптимальная толщина слоя проявителя обеспечивается подбором соответствующей продолжительности стадии нанесения проявителя и расстояния от распылительной головки до контролируемой поверхности. При этом лучшим инструментом для такого подбора является система технического зрения с компьютерной обработкой видеоизображений индикаторных следов дефектов.

Н. П.МИГУН, И. В.ВОЛОВИЧ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
ОАО «МОЗЫРСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД»
Минск, Мозырь Беларусь

Высокая трудоемкость и, следовательно, сравнительно низкая производительность контроля обуславливают актуальность вопроса разработки оптимальных режимов всех основных технологических стадий капиллярной дефектоскопии. В работе изложены результаты исследований, имевших целью совершенствование процесса нанесения проявителя на контролируемую поверхность. В качестве объектов контроля использовались наборы сертифицированных контрольных образцов, соответствующих типу I стандарта ISO EN 3452-3, а также ряд реальных сварных швов с поверхностными дефектами.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что важную роль при оценке как чувствительности набора дефектоскопических материалов, так и результатов практического капиллярного контроля имеют условия нанесения проявителя на контролируемую поверхность. Два основных фактора, зависящих от характера нанесения проявителя на контролируемую поверхность, влияют на форму, ширину и яркость индикаторных следов дефектов. Это толщина слоя проявителя и динамическое воздействие частиц наносимого проявителя (скорость и угол падения частиц на контролируемую поверхность). Слой недостаточной толщины может не обеспечить требуемой чувствительности контроля, в то время как завышенные значения толщины слоя проявителя могут замаскировать индикаторный рисунок.

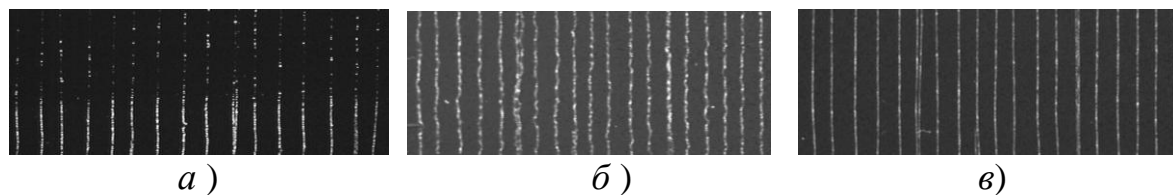


Рис.1. Влияние толщины слоя проявителя (а) и расстояния L от распылительной головки до контролируемой поверхности (б - L=30 см, в - L=90 см) на выявляемость трещин глубиной 17 мкм и раскрытием ~1 мкм

Толщина слоя проявителя имеет оптимальное значение для заданного набора дефектоскопических материалов. Рис. 1, а иллюстрирует влияние толщины слоя проявителя на выявляемость трещин в контрольном образце. На расположенную горизонтально пластину с трещинами глубиной

Э. И. БАТЯНОВСКИЙ, *И. А. ЛЕОНОВИЧ, *А. А. АЛЕКСАНДРИКОВ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

Объектом исследований является прессованный легкий фибробетон с заполнителем из алюмосиликатных микросфер зол-уноса, содержащий полимерные пластифицирующие и адгезирующие добавки и предназначенный для использования в тонких наружных слоях ограждающих конструкций. Для выявления основных закономерностей, связывающих состав этого многокомпонентного фибробетона с прочностью на растяжение при изгибе, применялись методы математического планирования эксперимента, которые дали адекватный результат в условиях трехфакторного эксперимента второго порядка. Варьировалось массовое содержание в процентном отношении к цементу следующих компонентов: полиакриловая фибра «Risem 8» (1–2 %), адгезив «Виннапас» (6–10 %), алюмосиликатные микросферы (33–99 %). Использовался суперпластификатор «Peramin» (SMФ-10) в количестве 0,5 % от содержания цемента по массе. Подвижность бетонной смеси поддерживалась постоянной, что, учитывая варьирование содержания микросфер в довольно больших пределах, требовало разной водопотребности. Образцы изготавливались прессованием с удельным давлением 3 МПа.

В результате анализа экспериментальных данных, получено уравнение прочности на растяжение при изгибе для поризованного микросферами фибробетона, адекватное при 95 %-ой доверительной вероятности. Его можно считать математической моделью прочности на растяжение при изгибе исследуемого фибробетона и принятых ограничениях состава. Поверхностная трехмерная диаграмма (рис. 1) отражает теоретическую закономерность изменения прочности на растяжение при изгибе по указанной модели, в зависимости от содержания микросфер и полиакриловой фибры (при средней концентрации «Виннапаса» – 8 %).

Анализ модели показал, что содержание алюмосиликатных микросфер (заполнителя) в наибольшей степени влияет на прочность бетона, что было вполне предсказуемо, т.к. по условиям планирования содержание микросфер - наиболее изменяющийся фактор. Влияние содержания «Виннапаса» и фибры «Risem 8» на прочность оказалось неоднозначным. При заданных условиях планирования каждый из указанных компонентов увеличивает

прочность фибробетона, но их взаимодействие может дать отрицательный результат. Полученные зависимости позволят, в дальнейшем, более точно проектировать состав фибробетона по верхней границе требуемой прочности при максимально допустимом содержании микросфер, т.е. при минимальной плотности бетона.

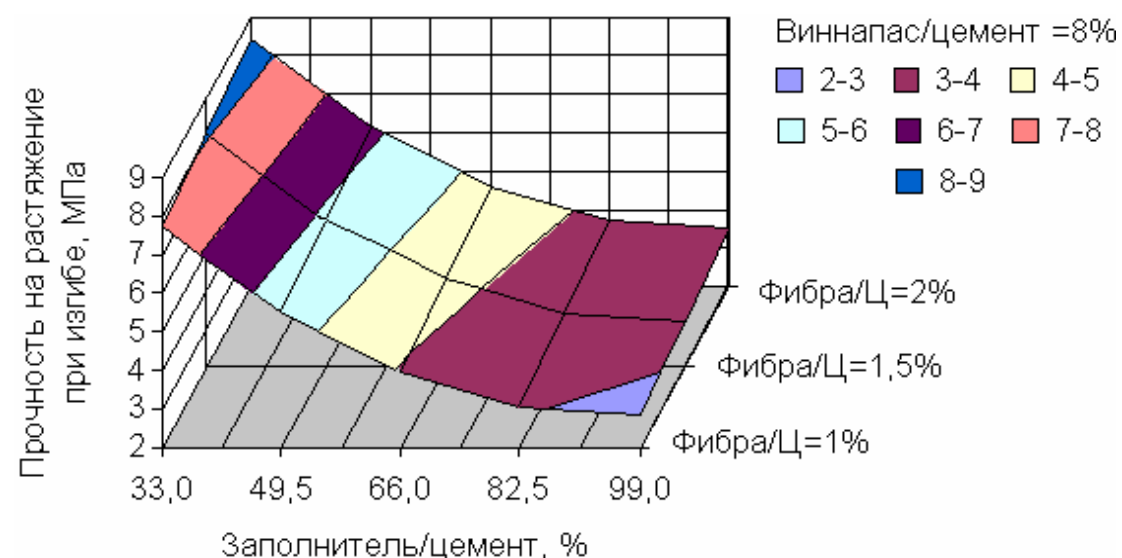


Рис. 1. Диаграмма изменения прочности на растяжение при изгибе фибробетона, поризованного микросферами

Сравнение опытных и теоретических значений прочности фибробетона, при одинаковых интервалах варьирования входящих компонентов, показало, что расхождение данных в большинстве опытов составило 1,5–8,5 %. Прослеживается высокое совпадение теоретических и опытных данных при максимальном содержании микросфер, когда степень влияния других компонентов несколько сглаживается.

Оказалось, что теоретическая модель прочности несколько расширила пределы изменения экспериментальных данных по прочности бетона, но оставила явной следующую закономерность: при минимальном содержании «Виннапаса» – фибра в большей степени влияет на прочность, при максимальном содержании «Виннапаса» – ее влияние снижается. При среднем содержании «Виннапаса» (8 %) за счет увеличения содержания полиакриловой фибры на 1 % в отведенной области планирования эксперимента, можно увеличить прочность на растяжение при изгибе фибробетона, приблизительно, на 0,7 МПа.

Таким образом, осуществлено экспериментальное подтверждение математической зависимости прочности на растяжение, при изгибе поризованного фибробетона от его состава.

М. В. МЕЛЬНИК
Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. П. Шамякина»
Мозырь, Беларусь

В основу моделирования перемагничивания ферромагнетика (петель гистерезиса) положены широко используемые в теории вероятностей Марковские цепи.

Применительно к магнетизму цепь Маркова можно представить как последовательность N_j состояний магнетика от $N_0 = -M_{\max}$ до $N_k = +M_{\max}$. Вероятности перехода из одного состояния в другое описывается матрицей переходных вероятностей $|P_{ij}|$ [1]. Значения этих вероятностей и будут определять форму петли гистерезиса.

Вектор начальных состояний $|q_0|$ определяет состояние магнетика в начале расчета. Для предельной петли он равен $q_0 = (1; 0 \dots n)$, где n – количество состояний магнетика.

Перемножая матрицы q_0 и P_{ij} , получаем матрицу вероятностей нахождения магнетика в конкретных состояниях. Математическое ожидание состояний магнетика в конкретный момент времени (при определенном значении намагничивающего поля) будет соответствовать значению намагниченности магнетика.

В результате разработки математической модели была смоделирована идеальная петля гистерезиса, соответствующая петле гистерезиса для образцов из стали 45, так как критические точки соответствуют экспериментальным данным. Будем ее считать предельной петлей, вследствие чего другие материалы должны находиться в диапазоне ниже, чем данная петля, а построение петель для других сталей будет производиться аналогично. Только матрица предельных состояний для петель из других сталей будет не 9×9 , а меньше, так как их критические точки будут находиться в зависимости от того, на сколько отличается магнитная индукция стали 45 от рассматриваемой.

Исходя из расчетов, остаточная намагниченность изменяется по гиперболическому закону от минимума до максимума, точка перегиба симметрична шагам намагничивания. Вероятность P_0 достигает максимума при значении, превышающем коэрцитивную силу в 1,4 раза.

Поэтому целесообразнее в качестве отправной точки при размагничивании использовать не коэрцитивную силу, а остаточную намагниченность (индукцию).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венгринович, В. Л. Магнитошумовая структуроскопия / В. Л. Венгринович. – Минск : Наука и техника, 1991. – 285 с.

специальными программами управления прибором ИМА-М и поиска оптимальных уравнений корреляционной связи между измеренными магнитными величинами и контролируемыми характеристиками. Результаты исследований показали, что твердость HRC монотонно возрастает с увеличением температуры закалки в интервале 1100–1260 °С, а магнитные параметры изменяются неоднозначно, однако выявляют область оптимальной температуры закалки. При отпуске, наоборот, твердость неоднозначно изменяется с изменением температуры в интервале 300–700 °С, а магнитные параметры изменяются монотонно.

Тем не менее поиск уравнений корреляционной связи показал, что существует такой режим намагничивания и, соответственно, уравнения корреляционной связи, преобразующие измеренные магнитные характеристики в требуемые контролируемые, которые будучи записанными в память прибора ИМА, позволят получить на экране прибора требуемые характеристики с достаточной степенью точности (коэффициент корреляции не менее 0,99, среднеквадратическое отклонение – на уровне прямых измерений).

Для образцов стали Р6М5 в режиме намагничивания: максимальная амплитуда положительных импульсов $H_{sn}=5,228 \cdot 10^5$ А/м и максимальная амплитуда перемагничивающих импульсов $5,8 \cdot 10^4$ А/м, – найдены оптимальные уравнения корреляционной связи, позволяющие однозначно рассчитывать:

- температуру закалки $t_{закр}$ и твердость HRC_p после закалки от разных температур и трехкратного отпуска;
- температуру отпуска $t_{отпр}$ и твердость HRC после закалки от 1225 °С и однократного отпуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 19265.** Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.
2. **Матюк, В. Ф.** Контроль прочностных характеристик и качества термообработки ферромагнитных изделий по параметрам петли гистерезиса остаточной намагниченности при их локальном намагничивании импульсным магнитным полем изменяющейся амплитуды. Параметры петли гистерезиса / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2005. – Ч. 1 – № 5 – С. 3–13; Ч. 2. – С. 14–23.
3. **Матюк, В. Ф.** Разработка нового прибора для магнитной структуроскопии на основе особенностей гистерезиса остаточной намагниченности при импульсном намагничивании изделия / В. Ф. Матюк, М. А. Мельгуй // Приборы и методы измерения. – 2011. – № 1 (2) – С. 17–24.

УДК 658.26
ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

О. П. БЕЛОНОВА, В. Н. БЕЛОНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

Концепция устойчивого развития выработана Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) и сформулирована в итоговом документе – Повестке на XXI век. Всемирным саммитом в Йоханнесбурге (2002 г.) была отмечена эффективность и актуальность использования информационной и образовательной систем государства как инструмента устойчивого социально-экономического развития.

Устойчивое развитие предполагает достижение качества жизни, которое может поддерживаться неопределенно долго, потому что оно:

- соответствует социальным стандартам, при которых равным образом удовлетворяются культурные, материальные и духовные потребности, что ликвидирует базу для конфликтов и различных “болезней”;
- экономически жизнеспособно, при условии высокой эффективности переработки ресурсов в необходимые продукты;
- экологически устойчиво, так как поддерживает биологическую продуктивность и биоразнообразие природных экосистем на уровне, достаточном для самовоспроизводства.

Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2020 г. – основной прогнозный документ. В нем указаны основные направления перехода областей и г. Минска к устойчивому развитию с учетом их эффективного участия в общей системе по реализации процесса.

Республика Беларусь является системой, которая состоит из трех блоков: экологического, экономического и социального. Именно недооценка роли природного компонента, отсутствие методик, позволяющих включить в цену произведенного экономикой товара стоимость всех издержек, связанных с загрязнением окружающей среды в результате использования природных топлив в больших количествах, привели к негативным ситуациям. Среди них: прохождение пика добычи энергоресурсов с последующим уменьшением доступности к ним в связи с ростом цен на них; про-

должающееся потепление климата; замедление темпов прироста производства сельскохозяйственной продукции на фоне ускоренного роста спроса на нее и удорожания ее производства; растущее загрязнение основных сред биосферы и уменьшения биоразнообразия. Все в большей степени начинает приходить осознание непреложного факта, требующего изменения всей нашей жизни. Беспредельный рост социального и экономического блоков системы, происходящий за счет экологического, далее невозможен. Населенные пункты нашей республики являются системами, через которые проходят потоки материальных ресурсов и энергии, что необходимо для создания благополучия и комфорта людей. Если эти системы будут функционировать за счет использования только невозобновляемых ресурсов, то будут испытывать давление потока загрязнений, с которыми не справляется природа и очистные сооружения, а это приведет к деградации.

Таким образом, цель процесса сводится к слову “эффективность”.

Переход к устойчивому развитию настоятельно требует реформирования существующей системы ценностей. Объективная информация о состоянии системы “человечество-биосфера” непосредственно влияет на формирование системы потребностей, выбор модели производства, отношение к окружающей среде и возможность достижения социальной стабильности. Эта информация должна создавать у людей мотивацию, формировать навыки и умения, ориентированные на достижение равновесия природы и человека. Жители Республики Беларусь должны получать знания и на их основе формировать морально-этические установки. Система образования и информирования должна достигать результата в виде активной гражданственности, которая может быть достигнута с помощью информационной и образовательной деятельности.

С целью донесения передового педагогического опыта и повышения качества образования необходимо расширить аудиторию высококвалифицированных преподавателей электронными средствами. Это можно осуществить через оснащение современными компьютерными программами учебных заведений всех уровней.

Реализация этих задач должна проводиться через использование компьютерных информационных технологий с выдачей возможных рекомендаций. Внедрение информационных технологий позволяет существенно уменьшить количество потребляемых ресурсов и энергии, значительно повышая при этом качество жизни.

УДК 620.179.14
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ
СТАЛИ Р6М5

М. А. МЕЛЬГУЙ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Сталь Р6М5 предназначена для изготовления металлорежущих инструментов высокой производительности (концевые и дисковые фрезы, сверла, метчики и т.п.), работающих в условиях повышенного разогрева режущей кромки. Инструменты сохраняют высокую (не ниже 58 HRC) твердость при нагреве до температуры 620° С. Химический состав установлен в ГОСТ 19265-73. Поставляется в виде прутков диаметром от 16 до 100 мм (ГОСТ 2590-2006).

Качество инструмента в настоящее время контролируют посредством измерения твердости и исследования структуры. Однако по твердости невозможно выявить недогрев или перегрев при отпуске (см. ГОСТ 19265-73, Приложение 4, черт. 5) [1] из-за неоднозначной ее зависимости от температуры отпуска.

Цель настоящей работы – исследовать возможность контроля качества термообработки импульсным магнитным многопараметровым методом.

Образцы для исследований в виде колец наружным диаметром 17 мм и внутренним 13 мм, высотой 10 мм изготовлены из прутка диаметром 18 мм, химический состав которого, согласно сертификату поставки, соответствовал требованиям ГОСТ 19265-73.

Термообработка осуществлена в производственных условиях ОАО «Оршанский инструментальный завод». Закалка: подогрев в соляной ванне (78 % $BaCl_2$ и 22 % $NaCl$) в течение одной минуты, нагрев под закалку в соляной ванне (95 % $BaCl_2$ и 5 % MgF_2) в течение 30 с, охлаждение также в соляной ванне при температуре 650 °С 20 с и далее на воздухе до температуры цеха. Отпуск образцов, закаленных при температуре 1225 °С и отпущенных при разных температурах, однократный в течение часа, образцов, закаленных при разных температурах и отпущенных при температуре 560° С, трехкратный по одному часу каждый.

Измерение параметров петли гистерезиса по градиенту напряженности поля остаточной намагниченности, обработку статистических данных, поиск оптимальных уравнений корреляционных связей, среднеквадратического отклонения и коэффициентов корреляции осуществлены по методике, описанной в [2], с помощью импульсного магнитного анализатора многопараметрового [3], работающего в комплекте с ПЭВМ, обеспеченной

контроля до 1 м, обеспечения более тесных корреляционных связей с контролируемыми параметрами и контроля штампуемости.

Наиболее востребованной задачей является увеличение зазора между преобразователями. Многие предприятия самостоятельно увеличивают зазор между преобразователями до 100 мм ввиду отсутствия на их производственной линии участков, где вибрационные смещения листа не превышают 50 мм. Однако это снижает величину намагничивающего поля в зоне контроля и ограничивает толщину листа, на которой применяемая установка обеспечивает требуемую точность контроля. Для сохранения точности, при увеличении толщины листа необходимо существенно увеличить амплитуду импульсов магнитного поля на торце намагничивающих соленоидов. Это вызывает необходимость соответствующего увеличения мощности и принятия дополнительных мер по охлаждению соленоидов, что весьма затруднительно (в настоящее время используется и воздушное и масляное охлаждение соленоидов). При этом следует учитывать, что в зоне расположения намагничивающих соленоидов должны отсутствовать замкнутые проводящие контуры.

Для обеспечения стабильного намагничивания листового проката толщиной более 12 – 15 мм требуется дополнительное увеличение амплитуды намагничивающих импульсов. Хотя это и приводит к резкому увеличению габаритов зарядно-разрядного устройства, но вполне реализуемо. Основным ограничением, и в этом случае, является проблема охлаждения намагничивающих соленоидов.

Минимальная длина преобразователей ограничена уровнем наводимых в измерительном преобразователе помех в процессе действия намагничивающего импульса.

Расстояние между точками контроля определяется частотой намагничивающих импульсов и скоростью движения листа. Для уменьшения этого расстояния требуется пропорциональное увеличение частоты импульсов и, следовательно, рассеиваемой мощности, что приводит к проблемам с охлаждением намагничивающих соленоидов, а также требует увеличения мощности генератора импульсов.

Измерение максимумов градиентов нормальной, радиальной и азимутальной составляющих напряженности поля остаточной намагниченности, а также протяженности положительной части распределения градиента нормальной составляющей вдоль направления прокатки повышает коэффициент корреляции для низкоуглеродистой стали до 0,99.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюк, В. Ф. Современное состояние неразрушающего контроля механических свойств и штампуемости листового проката сталей в технологическом потоке производства / В.Ф. Матюк и [и др.] // Дефектоскопия. – 2003. – № 5. – С. 19–60.

УДК 666.972

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА

М. С. БИБИК, В. В. БАБИЦКИЙ

ОАО «Завод СЖБ № 1»

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Говоря об энергосберегающих режимах тепловлажностной обработки бетона, инженеры-технологи подразумевают обычно, так называемые, «термосные» режимы – температура среды в тепловом агрегате поднимается до определенной величины, а затем подача теплоносителя прекращается. Дальнейшее твердение осуществляется как за счет накопленной теплоты, так и выделяемой при гидратации цемента. Надо отметить, что такие режимы обычно назначаются в соответствии с рекомендациями, приведенными в ТКП 45-5.03-13-2005 «Изделия бетонные и железобетонные сборные. Правила тепловлажностной обработки», а также в других источниках в зависимости от факторов: класса бетона по прочности на сжатие и его распалубочной прочности; эффективности цемента при пропаривании; показателя длительности остывания и коэффициента оборачиваемости камеры. К сожалению, точность назначения температуры разогрева бетона недостаточна по причинам, в числе которых можно выделить:

– все влияющие факторы носят дискретный характер, а следовательно, возникает очевидная неопределенность при использовании других значений факторов, например – как рассчитать (или назначить) режим тепловой обработки в выходные и праздничные дни;

– в числе влияющих факторов отсутствует состав бетона (в первую очередь – расход, вид и минералогический состав цемента, вид и количество химических добавок), из чего следует, что не учитываются темп твердения бетона и тепловыделения цемента, а это сказывается как на расходе теплоносителя, так и длительности термосной выдержки;

– недостаточен учет теплофизических характеристик теплового агрегата, в котором осуществляется твердение изделий;

– нет связи режима тепловой обработки с внешними условиями;

– отсутствует основной критерий эффективности выбранного режима тепловой обработки – его стоимость. Именно минимальная цена затрат на тепловую обработку (естественно, при обеспечении всех требуемых характеристик твердеющего бетона) должна являться целью инженера-технолога.

Учитывая отмеченные недостатки, на наш взгляд представляется, что целесообразнее энергосберегающий режим тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий не назначать, а рассчитывать (проектировать) по схеме, представленной на рис. 1.

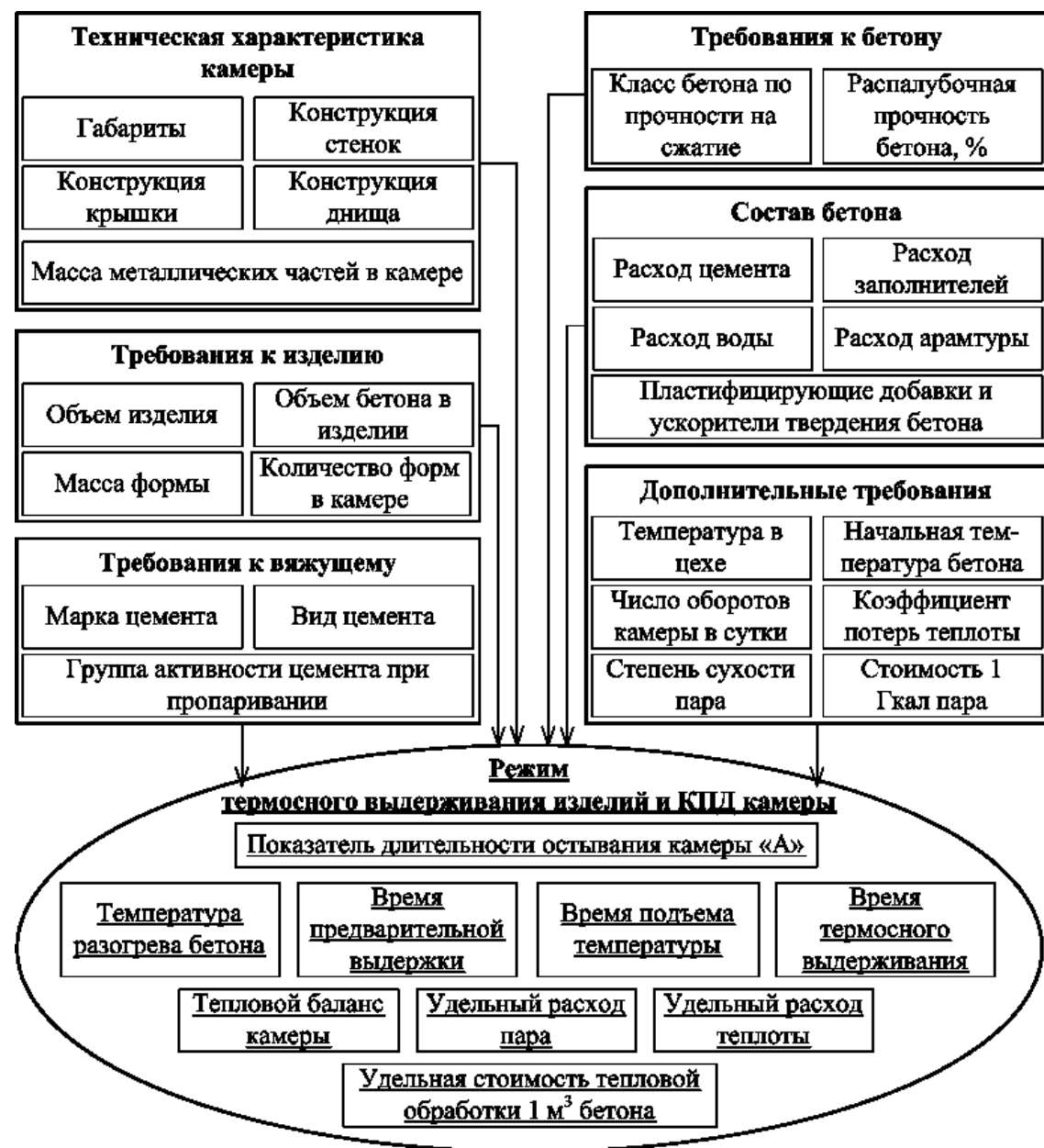


Рис 1. Схема проектирования энергосберегающих режимов тепловой обработки бетона

Последовательность расчетов достаточно сложна, для ее реализации разработана компьютерная программа, которая в настоящее время проходит успешную апробацию на ОАО «Завод СЖБ № 1» при проектировании термосных режимов тепловлажностной обработки железобетонных изделий в ямных пропарочных камерах, расположенных как в цехах, так и на полигонах.

УДК 620.179.14

О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА СТАЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА

В. Ф. МАТЮК

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ Беларуси»
Минск, Беларусь

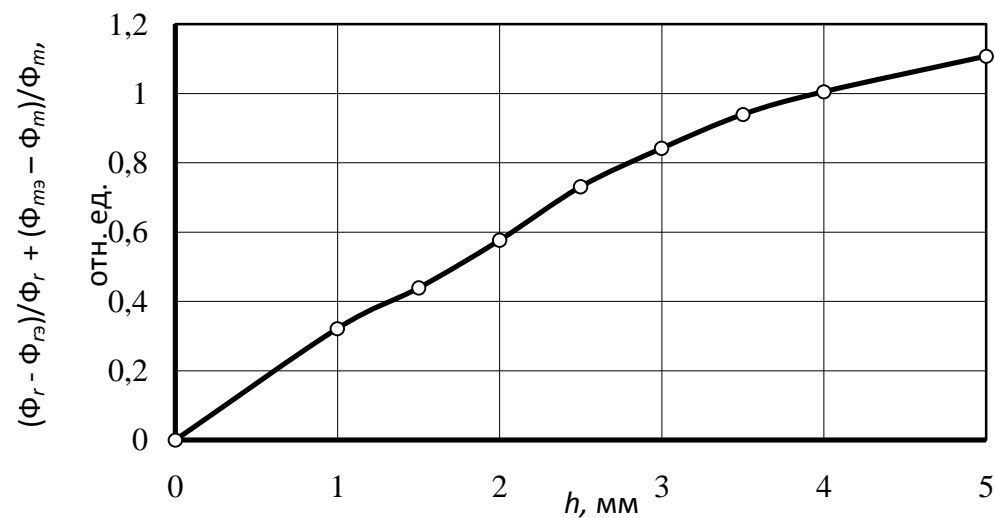
В общей формулировке импульсный магнитный метод заключается в локальном импульсном намагничивании контролируемого листа неоднородным полем накладного соленоида и измерении градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, по величине которого и по заранее установленным корреляционным связям определяют механические свойства и структуру материала (твердость, предел прочности, балл зерна и т.п.) в соответствии с ГОСТ 30415-96.

Особенностями импульсного магнитного контроля листового проката сталей в движении являются, во-первых, разнесение в пространстве и во времени процессов намагничивания и измерения градиента напряженности поля остаточной намагниченности, во-вторых, проведение намагничивания и измерения градиентов напряженности поля остаточной намагниченности с двух сторон движущегося листового проката, в-третьих, осуществление контроля по усредненному значению максимальных величин градиентов, измеренных с двух сторон листа. На его основе разработаны импульсные магнитные поточные контролеры (установки типа ИМПОК разных модификаций), которые широко применяются на многих металлургических предприятиях [1].

Установки типа ИМПОК обеспечивают автоматический неразрушающий контроль качества отжига, механических свойств и структуры листового проката сталей толщиной от 0,15 до 3 мм (ИМПОК-1БМ); от 0,15 до 10 мм (ИМПОК-1, ИМПОК-1А); от 0,15 до 12 мм (ИМПОК-1Б, ИМПОК-1БМ) и от 0,15 до 15 мм (ИМПОК-2, ИМПОК-3), движущегося со скоростью от 0,5 до 5 м/с (ИМПОК-1, ИМПОК-1А и ИМПОК-1Б); от 0,1 до 10 м/с (ИМПОК-1БМ) и от 1 до 25 м/с (ИМПОК-2, ИМПОК-3), в том числе отдельно движущихся листов (ИМПОК-1Б). Зазор между преобразователями для всех установок составляет 50 мм.

В последнее время появилась потребность в использовании установок типа ИМПОК в технологических линиях, допускающих значительно большее, чем 50 мм, отклонение листа от плоскости прокатки, контроля более толстого листа, увеличения допустимых скоростей движения листа при одновременном уменьшении длины преобразователя (для использования на дрессировочных агрегатах), уменьшения расстояния между точками

остаточного магнитных потоков. Измерение максимального и остаточного магнитного потоков эталонного изделия проводят при настройке прибора и при наборе статистики для конкретного типа изделий.



сталь 45, диаметр 10 мм, длина 100 мм

Рис. 1. Зависимость суммы $(\Phi_{m3} - \Phi_m)/\Phi_m + (\Phi_r - \Phi_{r3})/\Phi_r$ относительных изменений максимального и остаточного магнитных потоков от глубины h упрочненного слоя

Использование в качестве информативного параметра суммы $(\Phi_{m3} - \Phi_m)/\Phi_m + (\Phi_r - \Phi_{r3})/\Phi_r$ абсолютных значений относительных изменений максимального и остаточного магнитного потоков позволяет компенсировать низкую чувствительность изменения разности $\Phi_r - \Phi_{r3}$ остаточного магнитного потока к изменению глубины упрочнения в области ее малых значений и повысить чувствительность относительного изменения $(\Phi_r - \Phi_{r3})/\Phi_r$ остаточного магнитного потока к изменению глубины упрочнения при больших ее значениях. Это достигается за счет того, что величины максимального и остаточного магнитного потоков по-разному зависят от глубины упрочненного слоя – Φ_m уменьшается, а Φ_r возрастает. Для испытуемых образцов средняя чувствительность составила 2,4 % на 0,1 мм изменения h .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михеев, М. Н.** Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М. Н. Михеев, Э. С. Горкунов. – М. : Наука, 1993. – 252 с.
2. **Сандомирский, С. Г.** Магнитный контроль глубины ТВЧ-закаленного слоя ответственных деталей двигателей / С. Г. Сандомирский, Э. Б. Синякович // Инженерия поверхностного слоя деталей машин: сб. матер. 2-й междунауч. конф. – Минск : БНТУ, 27–28 мая 2010 г. – С. 228–231.

УДК 338.45: 620.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТАХ ПРИДОРΟЖНОГО СЕРВИСА

В. М. БЛАГОДАРНЫЙ

Учреждение образования

«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Барановичи, Беларусь

В настоящее время стремительно развивается, в связи с улучшением в стране транспортных сетей, придорожный сервис, причем часто эти объекты находятся вдали от электрических и тепловых сетей. Придорожные объекты сервиса (автозаправки, рестораны, кафе, гостиницы и т.п.) нуждаются в значительном количестве тепловой и электрической энергии. Подводка объекта к центральным сетям будет достаточно дорогостоящей. Поэтому одним из решений проблемы является использование альтернативной энергии.

Обычно придорожные объекты находятся на возвышенной местности, открытой со всех сторон ветрам и солнцу. Они должны быть видны издали, чтобы водитель вовремя смог их увидеть, и соответственно, снизить скорость при приближении к объекту. Для придорожных объектов целесообразно использовать комбинацию энергии ветра, солнца и подземного тепла. Сочетание этих трех видов источников энергии позволит придорожному объекту полностью обеспечить себя тепловой и электрической энергией.

Для получения ветровой энергии необходимо построить ветроэнергетическую установку (ВЭУ), для строительства которой вблизи объекта никаких препятствий не будет. Если принять, что потребляемая мощность придорожного объекта составляет от 5 до 10 кВт [1], то выбрать соответствующую ВЭУ (можно из числа предлагаемых на рынке) не составляет особого труда.

Так, например, в Украине производится ветрогенератор Т 100–10 кВт. Это трехлопастная ВЭУ мощностью 10 кВт. В России производится ВЭУ однолопастная с изменяемым углом установки лопасти и диаметром лопасти 7 м мощностью 3 кВт. Можно также приобрести китайскую трехлопастную ВЭУ FD 6,4-5000-16-5 мощностью 5 кВт [1].

В светлое время суток используются солнечные батареи, которые преобразуют солнечную энергию в электрическую. Эта энергия может аккумулироваться в специальных батареях. Одним из направлений использования альтернативных источников энергии является прямое использование солнечной энергии, которое получило название гелиоэнергетики. В Беларуси, по метеорологическим данным, в среднем 150 дней в году пасмур-

ных, 185 – с переменной облачностью и 30 ясных, а среднегодовое поступление солнечной энергии на белорусскую землю, с учетом ночей и пасмурных дней, составляет 243 Ккал/см² в сутки [2]. Таким образом, у нас в стране имеются все условия для успешного использования солнечной энергии. Основными условиями применения солнечных коллекторов являются:

– подробный анализ условий, не только технических и экономических, но и эксплуатационных, а также уклада жизни;

– выбор удобного месторасположения – при выборе месторасположения для коллектора, необходимо иметь ввиду хороший доступ для регулярного контроля и ремонта коллектора. В зависимости от того, в какой форме будет использована солнечная энергия, с помощью каких средств, можно говорить о пассивном или активном использовании. Наибольшее значение для экономии энергии имеют активные системы, которые получают тепловую энергию с помощью жидкостных или вакуумных (плоских и трубчатых) коллекторов, которые, в настоящее время, используются для подогрева:

– бытовой воды;

– воды для отопления;

– воды для бассейнов и купален;

– подогрев воздуха, используемого для сушки.

Если используются фотоэлектрические панели, то солнечная энергия может прямо преобразовываться в электрическую. При параллельном использовании ВЭУ и солнечных панелей усложняются системы управления за счет введения устройств синхронизации.

Для получения тепловой энергии с целью подогрева помещения, бытовой воды и т.п. используются тепловые насосы. Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ковалев, Я. Н.** Сервисное обслуживание автомобильных двигателей с использованием ветровой энергии / Я. Н. Ковалев, Л. А. Падалко, О. В. Каренская // Вестн. БНТУ. – 2011. – № 115. – С. 68–71.

2. **Молочко Ф.** Альтернативные источники – часть энергетической безопасности / Ф. Молочко // Наука и инновации. – 2006. – № 1(35). – С. 12–13.

УДК 620.179.14

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В. Ф. МАТЮК

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Магнитные методы контроля качества поверхностного упрочнения изделий из ферромагнитных сталей основаны на различии магнитных свойств упрочненного слоя и сердцевины изделия. Это различие по коэрцитивной силе при закалке ТВЧ составляет 2–4 раза. Для практического контроля широко используются коэрцитивная сила, устойчивость магнитного состояния контролируемых изделий к воздействию постоянных и переменных магнитных полей, изменение формы петли магнитного гистерезиса, дифференциальная магнитная проницаемость, шумы Баркгаузена, импульсный многопараметровый метод [1].

Для контроля изделий массового производства в [2] рассмотрена методика, по которой в качестве информативного параметра используется остаточный магнитный поток Φ_r , наводимый движущимся в процессе контроля изделием вначале сквозь намагничивающую катушку, а затем сквозь измерительную обмотку. Глубину упрочнения по этой методике определяют на основании ее корреляционной зависимости с разностью $\Phi_r - \Phi_{r3}$ результатов измерений для контролируемого Φ_r и эталонного Φ_{r3} изделий.

Однако данную методику можно применять только для изделий с относительно большой глубиной поверхностного упрочнения (порядка 40 % от диаметра изделия), что обусловлено низкой чувствительностью разницы величин остаточного магнитного потока, создаваемого контролируемым и эталонным изделиями, к изменению глубины упрочнения в области малых ее значений.

Для расширения диапазона контролируемой глубины упрочнения металла в сторону ее уменьшения авторами разработана методика, заключающаяся в том, что в качестве эталонного используют изделие из числа контролируемых без упрочнения, в процессе движения изделия сквозь область с неоднородным стационарным магнитным полем дополнительно измеряют величину максимального магнитного потока Φ_{m3} для эталонного и Φ_m для контролируемого изделий. Глубину поверхностного упрочнения контролируемого изделия определяют по заранее установленной корреляционной зависимости между ней и величиной суммы $(\Phi_{m3} - \Phi_m)/\Phi_m + (\Phi_r - \Phi_{r3})/\Phi_r$ относительного изменения максимального и

высокому отпуску, следует контролировать в остаточном поле с применением способа повышения чувствительности.

Для этого было разработано намагничивающееся устройство, состоящее из трех электромагнитов, полюсные наконечники которых охватывают всю трубу по окружности, причем один электромагнит устанавливается стационарно, а два другие расположены симметрично относительно плоскости, проходящей через ось горизонтально расположенной трубы. Закреплены они на основании таким образом, что ось трубы и центр тяжести магнита в нерабочем положении находятся по разные стороны от осей вращения магнитов, в рабочем – с одной стороны. Длину поверхности полюсного наконечника, соприкасающуюся с трубой, принимаем равной третьей части длины окружности наружной поверхности трубы. Для унификации установки, т. е. возможности контроля труб различного диаметра, полюсные наконечники предусмотрены сменными.

В сварных соединениях из закаливающихся сталей возникают дефекты различной ориентации, и для их успешного выявления было разработано специальное намагничивающее устройство, которое состоит из трех катушек постоянного тока, которые закреплены на сердечниках, два из которых соединены жестко, а третий может передвигаться по шву и поворачиваться на любой угол по отношению к оси симметрии шва. Изменяя расстояние между сердечниками и угол поворота сердечника можно добиться выявления разноориентированных дефектов, расположенных под любым углом по отношению к оси симметрии шва.

Как показали исследования, магнитографическим методом в соединениях, выполненных сваркой трением, могут выявляться дефекты различного раскрытия и ориентации с применением разработанных намагничивающих устройств. Проверку достоверности магнитографического метода проводили на реальных образцах, а сравнение результатов с металлографическим анализом показало, что дефекты вида «несплавлений» и трещин раскрытием 3...60 мкм, характерные для стыковых соединений, хорошо выявляются при магнитографическом контроле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хромченко, Ф. А.** Сварка оборудования электростанции / Ф. А. Хромченко. – М. : Энергия, 1977. – 366 с.
2. **Грабин, В. Ф.** Металловедение сварки плавлением / В. Ф. Грабин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 415 с.

УДК 624.012

ВЫБОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОГИБОВ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗОК

Ю. Г. БОЛОШЕНКО, Е. В. КОЖЕМЯКИНА

Государственное учреждение высшего профессионального образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Рациональное проектирование железобетонных конструкций вызывает необходимость совершенствования существующих методов расчета, которые обеспечивают более полное соответствие реальной работе конструкции.

Результаты, полученные в работе А.П. Казанкова, показали, что полные прогибы балок в зависимости от процента их армирования и характеристики цикла нагрузок на базе испытаний 2×10^6 циклов в 1,4-2,2 раза превышали прогибы при первом нагружении. В работе В. В. Левич отмечено, что при действии повторяющихся нагрузок происходит увеличение прогибов в железобетонных элементах в 1,1–2 раза по сравнению с первым нагружением. При этом интенсивное увеличение прогибов происходит на первоначальном этапе, а по мере увеличения количества циклов процесс нарастания прогибов стремился к стабилизации.

В связи с вышеизложенным, необходимо при использовании стандартных расчетных методик проводить их уточнение для учета особенностей работы конструкции в условиях малоциклового нагружения.

Для определения прогибов с учетом действия малоциклового нагружения в работе О.И. Валового, предложен поправочный коэффициент k , зависящий от числа циклов, эмпирического параметра α_2 , учитывающего рост деформаций на первых 3-4-х циклах ($\alpha_2=0,6 \dots 1,0$), а также эмпирического коэффициента $B = \sqrt{\eta_{top} - 0,75}$, учитывающего характер нагружения

(для бетонов различных видов и классов $B = \sqrt{\eta_{top} - \eta_{crc}^v}$, где η_{top} – верхний уровень нагружения, η_{crc}^v – верхняя граница микротрещинообразования).

Однако применимость коэффициента k для расчета эксплуатируемых конструкций ограничена сложностью установления с достаточной достоверностью количества циклов N и необходимостью определения для каждого конкретного случая эмпирического параметра α_2 , имеющего довольно большой разброс возможных значений.

В методике СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции» вид бетона учитывается прочностными характеристиками, принимаемыми в расчете (призменная прочность, модуль упругости) без введения дополнительных коэффициентов.

В методике СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции» вид бетона определяется следующими коэффициентами, учитываемыми: ψ_c – неравномерность распределения деформаций крайнего сжатого волокна бетона по длине участка с трещинами; ϕ_{c1} – влияние кратковременной ползучести; ϕ_{c2} – влияние длительной ползучести бетона на деформации элемента без трещин; ν – характеризует упругопластическое состояние бетона сжатой зоны. Е. М. Бабичем для определения суммарного прогиба при действии малоцикловых нагрузжений предложены модифицированные зависимости на основе методики СНиП 2.03.01-84*: прогиб рассчитывается по значениям кривизны от непродолжительного действия всей нагрузки, от постоянных и длительных нагрузок, а также от продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок. Значения кривизны определяются с учетом влияния малоциклового характера нагружения путем введения поправочных коэффициентов γ_{cyc} . Применимость данной методики ограничена наличием коэффициентов условий работы γ_{cyc} , учитывающих малоцикловой характер нагружения, так как эти коэффициенты определяются в зависимости от верхнего уровня нагружения η_{top} , асимметрии цикла ρ и количества циклов N , однако, предложенные зависимости применимы для конструкций из рассматриваемых видов и классов бетона, а также необходимостью достаточно точно определять N , что в некоторых случаях может быть затруднительным.

В работе В. П. Бранцевича при расчете изгибаемых железобетонных элементов, выполненных из тяжелого бетона, по II группе предельных состояний по методике СНиП 2.03.01-84* , автором рекомендуется учитывать циклический характер низкочастотных нагружений изменением значений коэффициентов ν , ψ_c и ψ_s , а также изменением значения модуля упругости бетона E_c на значение $E_{c,cyc}$, рассчитанное по эмпирической формуле, учитывающей циклический характер нагружения. Прогиб и кривизна вычисляются по уточненным значениям относительных деформаций бетона $\epsilon_{c,cyc}$ и арматуры $\epsilon_{s,cyc}$, которые находятся с учетом уточненных значений коэффициентов ψ_c и ψ_s и модуля упругости бетона $E_{c,cyc}$.

По результатам расчета прогибов, по всем вышеизложенным методикам, для экспериментальных образцов в виде железобетонных балок, испытанных малоцикловым нагружением, был сделан вывод о том, что наиболее точной является методика определения прогибов в зависимости от кривизны элемента, которая рассчитывается по фактическим значениям средних относительных деформаций крайнего сжатого волокна бетона ϵ_{cm} и растянутой арматуры ϵ_{sm} по формуле, предложенной еще В. И. Мурашевым. Применимость этой формулы обоснована также в СНБ 5.03.01-02.

Таким образом, задача определения прогибов железобетонных изгибаемых элементов, подверженных действию малоцикловых нагрузок, сводится к определению относительных деформаций ϵ_{cm} и ϵ_{sm} с учетом уровня малоциклового нагружения.

УДК 620.179.14

МАГНИТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ

А. П. МАГИЛИНСКИЙ

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

Процесс сварки трением происходит в твердой фазе при воздействии теплоты, возникающей при трении поверхностей свариваемого изделия. Прочное соединение образуется в результате возникновения металлических связей между чистыми контактирующими поверхностями свариваемых деталей. Препятствующие образованию этих связей различные включения и пленки разрушаются при трении и удаляются из зоны сварки в радиальном направлении. Особенностью соединений закаливающихся сталей, выполненных сваркой трением, является то, что в них возникают дефекты вида «несплавление», трещины непосредственно в сварном шве, а также холодные трещины в зоне термического влияния (ЗТВ).

Поэтому возникает необходимость неразрушающего контроля как сварного шва, так и зоны термического влияния. Для контроля сварных соединений авторами был предложен магнитографический метод контроля, который обладает высокой производительностью и чувствительностью к дефектам данного вида. Однако самым важным моментом, обуславливающим выбор способа контроля (в приложенном или остаточном поле), наличие операции высокого отпуска после сварки. Как известно, высокий отпуск после сварки изделий из закаливающихся сталей производится для предотвращения образования холодных трещин. Если высокий отпуск производится непосредственно после сварки (без потерь времени), то это предотвращает процесс закалки, снижает уровень остаточных сварочных напряжений, способствует образованию мелкозернистой однородной структуры [1, 2].

В связи с этим можно предположить, что если изделие подвергается высокому отпуску после сварки, то при магнитографическом контроле в приложенном поле, что необходимо для обеспечения высокой чувствительности, ложные сигналы, обусловленные структурными неоднородностями, будут отсутствовать.

Проведенные исследования подтвердили правильность предположения и позволяют для изделий из закаливающихся сталей, выполненных сваркой трением и подвергающихся высокому отпуску непосредственно после сварки, рекомендовать применение магнитографического метода контроля в приложенном поле, а изделия не подвергнутые своевременно

В качестве стабилизированного источника питания катушек Гельмгольца используется стабилизатор тока GPR-6060D, подключаемый к нагрузке через измеритель силы тока – 6½ разрядный цифровой мультиметр Agilent 34411/A. Для калибровки и измерения магнитной индукции используется ЯМР-тесламетр Ш1-9 с погрешностью измерения порядка 0,01 %.

Установленная экспериментально постоянная катушек Гельмгольца:

$$N = 12,838 - 0,00039 \cdot t \text{ (мТл/А)},$$

где t – температура обмоток в °С.

Рабочее пространство катушек Гельмгольца (цилиндрическая полость $\varnothing 168$ мм) рассчитано с учетом требований свободного доступа для калибровки измерителей поля с различными преобразователями.

Система компенсационных обмоток обеспечивает отстройку по вертикальной и горизонтальной составляющих индукции постоянного магнитного поля внешних источников (включая поле Земли) в диапазоне до 0,3 мТл. Коаксиальные обмотки расположены на поверхности катушек Гельмгольца и предназначены для компенсации соосной составляющей индукции магнитного поля внешних источников. Горизонтальные обмотки намотаны на прямоугольные рамки, расположенные на каркасе катушек Гельмгольца, и предназначены для компенсации вертикальной составляющей индукции сторонних источников магнитного поля. Расстояние между секциями компенсационных обмоток установлено из условия максимальной однородности компенсационного поля.

Основные технические характеристики источника:

- диапазон воспроизводимой индукции – 0,1–50, мТл;
- постоянная катушек Гельмгольца при 22 °С – 12,829, мТл/А;
- неоднородность магнитного поля катушек в сфере $\varnothing 20$ мм – 008, %;
- максимальный ток питания катушек – 4, А;
- доступный объем в рабочей зоне – цилиндрическая полость $\varnothing 168$, мм;
- максимальная потребляемая мощность не более – 320, Вт;
- максимальное значение индукции компенсационных обмоток – 0,3, мТл;
- неоднородность компенсирующего поля – 0,09, %.

УДК 624.072.21.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНОГО ПОДХОДА В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ШПАЛЫ НА ИСКУССТВЕННОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Д. И. БОЧКАРЕВ, О. В. КОЗУНОВА, Е. А. СИГАЙ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Строение пути моделируется совокупностью упругих слоев конечной ширины с переменным модулем деформации. Целью работы является уточненное определение осадки на железнодорожные шпалы под действием нагрузок от экипажной части. В работе предполагается использование метода конечных разностей в вариационной постановке (вариационно-разностный подход). Для реализации указанного подхода составлена программа на языке Mathematica 8.0 и проведена ее числовая апробация.

Существующие методы расчета балочных плит и оснований базируются на использовании теории линейно-деформируемых тел. В реальных условиях для неоднородных грунтов зависимость между нагрузкой и осадкой имеет явно нелинейный характер.

Решение контактной задачи строится в перемещениях и реализуется численно методом конечных разностей (МКР), то есть заменой дифференциальных уравнений линейными конечно-разностными соотношениями. Энергия деформаций упругого основания получается суммированием по объему основания энергий деформаций прямоугольных участков для каждой ячейки МКР. Энергия изгиба балочной плиты в контактной зоне с основанием и потенциал работы внешних сил записывается также в конечно-разностном виде. В результате система дифференциальных уравнений заменяется системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений i -той узловой точки $u_i(x)$, $v_i(y)$, используя геометрические уравнения и конечно-разностные соотношения, определяется интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах ячеек.

По результатам расчета – осадка железобетонной шпалы составила 8,1 мм, а итерационный процесс сходится на 5-ой итерации.

Применение вариационного подхода в решении контактной задачи вместе с физическими итерациями по А. А. Ильюшину приводит к быстрой сходимости расчета (максимум – пять – шесть итераций), особенно в напряжениях. На скорость сходимости итерационного процесса влияет правильный выбор модели основания и вида функциональной зависимости между интенсивностями напряжений и деформаций. Также следует отметить, наличие распределительной способности основания очевидна и неоспорима, поэтому в инженерных расчетах необходим учет этой способности.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ
СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

На сегодняшний день в Беларуси стеновое ограждение каркасных зданий, как правило, выполняется в виде одно- или двухслойной кладки, поэтажно опирающейся на диски перекрытий. Кладка однослойных стен обычно ведется из ячеистобетонных блоков на тонких растворных швах с последующей защитно-декоративной облицовкой штукатурным раствором и окраской. Значительно реже возводятся здания, стеновое ограждение которых выполняется двухслойным – из ячеистобетонных блоков с защитно-декоративной облицовкой из кирпича. Наиболее массово применяемая однослойная кладка из блоков ПГС на тонких растворных швах с последующими оштукатуриванием и окраской, несмотря на относительно невысокую стоимость, имеет конструктивные недостатки, значительно снижающие ее теплотехнические характеристики и долговечность, вызывая необходимость выполнения частых дополнительных ремонтов. Кроме того, для обеспечения требуемого термического сопротивления ограждающей конструкции, необходимо выполнять кладку толщиной 550–800 мм (в зависимости от плотности ПГС), что нерационально, поскольку приводит к значительному уменьшению «полезной» площади.

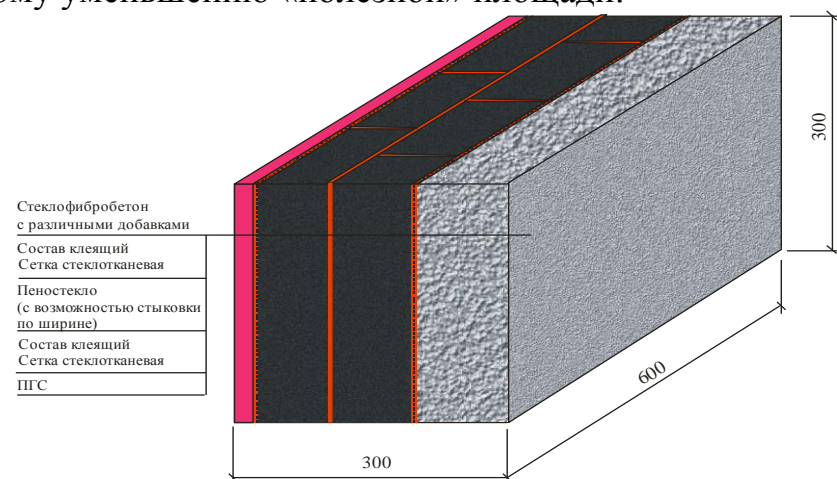


Рис. 1. Общий вид блока стенового трехслойного на клеевых связях

Ужесточение требований к энергоэффективности возводимых зданий требует создания новых современных конструкций стеновых ограждений. Одним из современных вариантов ограждений многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий, может стать конструкция на основе предлагаемого автором

ИСТОЧНИК ВЫСОКООДНОРОДНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ДЛЯ ЭТАЛОНА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

А. А. ЛУХВИЧ, А. П. ГУСЕВ, В. Д. ПИУНОВ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Для обеспечения единства и достоверности магнитных измерений, воспроизведения и дальнейшей передачи размера единицы магнитной индукции рабочим средствам измерительной техники в Республике Беларусь с 2000 г. функционирует эталон магнитной индукции постоянного поля в диапазоне от 0,05 до 2,0 Тл, который постановлением Госстандарта утвержден в качестве Национального.

Данным эталоном не обеспечивается потребность в поверке существующего в стране парка приборов магнитных измерений, средств технической диагностики и рабочих мер магнитной индукции, работающих в диапазоне слабых магнитных полей менее 0,05 Тл. Решением данной проблемы может быть разработка государственного эталона. В связи с этим в ГНТП «ЭТАЛОНЫ И НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ» включено задание «Создать эталон единицы магнитной индукции слабого постоянного магнитного поля в диапазоне $1 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-2}$ Тл».

Важнейшим элементом такого эталона должен быть источник для воспроизведения регулируемого высокооднородного магнитного поля в указанном диапазоне магнитной индукции. Источник, удовлетворяющий этим требованиям, разработан в ИПФ НАН Беларуси. Он включает в себя систему (рис. 1) токовых обмоток (основные – катушки Гельмгольца, и дополнительные – для отстройки от внешних магнитных полей), а также комплект приборов, обеспечивающих стабилизированное питание системы и прецизионное измерение величины магнитной индукции.

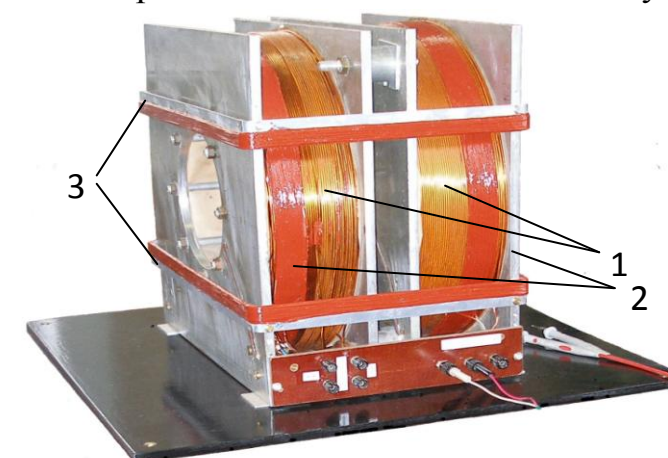


Рис. 1. Система токовых обмоток: 1 – катушки Гельмгольца; 2 и 3 – коаксиальные и горизонтальные компенсационные обмотки

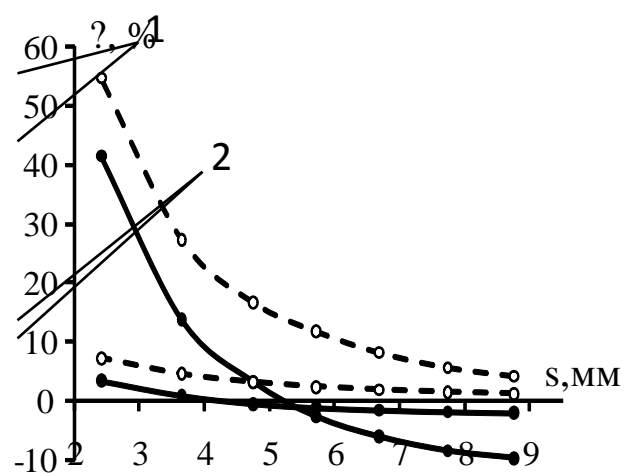


Рис. 1. Зависимость дополнительной погрешности Δ от толщины s ферромагнитной прослойки между слабомагнитным (никелевым) покрытием и ферромагнитной оболочкой: 1 – толщина никеля 245 мкм; 2 – 680 мкм

Видно, что настройка нуля каждый раз смещает исходную кривую вниз (Δ изменяется на фиксированную величину при любом значении s), не меняя ее форму. Видно также, что без настройки нуля проводить измерения невозможно практически во всем диапазоне толщины никеля (погрешность Δ может превышать 50 %). После настройки нуля контроль толщины никеля возможен с $\Delta \leq 3\%$ при некоторой вариации толщины s прослойки; величина этой вариации пропорциональна толщине никеля.

Из полученных результатов следует, что контроль толщины никелевых покрытий камер РД-191 с погрешностью до 3–5 % возможен только с использованием функции настройки нуля. При контроле толщины никеля на участках камеры, где $s = \sim 6\text{--}10$ мм, достаточно предварительно выполнить настройку нуля на ферромагнитной пластине толщиной $\sim 7,5$ мм. При толщине $s = 5\text{--}6$ мм необходима настройка на пластине толщиной $\sim 5,5$ мм, при $s = 4\text{--}5$ мм – толщиной $\sim 4,5$ мм, тогда как при $s < 4$ мм требуется предварительно настраивать нуль для каждой контрольной точки на пластине, толщина которой соответствует значению s в той же точке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство РФ № 40481 об утверждении типа средств измерений «Толщиномеры никелевых покрытий магнитные МТНП-1».
2. Лухвич, А. А. Возможности магнитодинамического метода контроля толщины двухслойных покрытий / А. А. Лухвич, О. В. Булатов // Дефектоскопия. – 2008. – № 10. – С. 26–34.
3. Лухвич, А. А. Магнитные толщиномеры нового поколения / А. А. Лухвич // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – № 4. – С. 3–15.
4. Лухвич, А. А. Возможности магнитодинамического метода контроля толщины никелевых покрытий на основаниях с разными магнитными свойствами / А. А. Лухвич, О. В. Булатов // Дефектоскопия. – 2010. – № 10. – С. 75–81.

блока стенового трехслойного на клеевых связях (см. рис. 1). В данном блоке наружный несущий слой выполнен из стеклофибробетона с применением добавок, повышающих его водонепроницаемость и определяющих цвет наружной поверхности ограждения, внутренний – из пеногазосиликата. В качестве утеплителя применено пеностекло. Наружные и внутренний слои соединяются клеевыми составами с армированием стеклотканевой сеткой. Послойная технология изготовления блока позволяет формировать теплоизолирующий слой из различных толщин слоев пеностекла (обрезков), что дает возможность снизить стоимость блока.

Применение таких материалов для ограждающей конструкции оптимально, поскольку, по сравнению с железобетоном -стеклофибробетон обладает существенными техническими преимуществами: повышенной трещиностойкостью, ударной прочностью, вязкостью разрушения, износо- и морозостойкостью, возможностью использования в тонкостенных конструкциях без арматуры. Пеностекло – универсальный теплоизоляционный материал с уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами: широчайшим температурным диапазоном применения, абсолютной непроницаемостью для воды, отсутствием усадки, стойкостью к агрессивным средам, высокими прочностными показателями, экологической чистотой.

Применение во внутреннем слое ПГС позволяет жильцу без каких-либо проблем выполнять работы по креплению навесных предметов и оборудования к наружной стене.

Блок обеспечивает следующие характеристики: термическое сопротивление – не менее $3,5\text{ м}^2\text{ °C/Вт}$, водонепроницаемость – не ниже W8, морозостойкость – не менее 250 циклов. Блок – негорюч, экологически безопасен. Масса блока при заявленных размерах – не более 22 кг.

Конструкция блока позволяет применять кронштейны для крепления наружного несущего слоя к перекрытию не на каждом этаже, а через три, что значительно улучшает теплотехнические свойства стенового ограждения, а также снижает его стоимость. Стоимость 1 м^2 кладки из таких блоков ниже по сравнению с кладкой из блоков ПГС (за счет толщины ограждения), кроме того, поскольку толщина стенового ограждения из блоков трехслойных в $1,8\text{--}2,5$ меньше толщины ограждения из блоков ПГС, использование предлагаемого блока значительно уменьшает стоимость не только стенового ограждения, но и за счет существенного уменьшения массы несущих конструкций – стоимость всего здания в целом. Кроме того, возведение однослойной кладки менее трудоемко, значительно более легко контролируется и, как следствие, – более технологично.

Помимо вышперечисленных, блоки стеновые трехслойные обладают рядом дополнительных качеств, позволяющих их эффективно эксплуатировать: возможностью выполнения фасадной стороны блока с декоративной отделкой в заводских условиях, повышенными ремонтпригодностью, коррозионной стойкостью, долговечностью. Кроме того, предлагаемая конструкция позволяет изготавливать блоки различных размеров и конфигураций, в зависимости от проектного решения.

УДК 624.072.21.7
НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНОГО СТЕНОВОГО БЛОКА КАК
ЭЛЕМЕНТА ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

А. А. ВАСИЛЬЕВ, О. В. КОЗУНОВА, Е. А. СИГАЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

В работе выполнен нелинейный расчет трехслойного стенового блока с применением вариационно-разностного подхода (ВРП). Расчетная модель блока представлена совокупностью вертикальных упругих слоев конечных размеров с переменным модулем упругости. Для реализации указанного подхода составлена программа на языке Mathematica 8.0 и проведена ее числовая апробация.

Известны преимущества вариационных методов при решении задач математической физики. Зачастую именно эти методы позволяют избежать сложных и громоздких выкладок и быстро получить нужный результат с приемлемой для инженера точностью. В задачах статического расчета конструкций один из вариационных принципов (принцип Лагранжа) характеризует тот факт, что в состоянии равновесия любая конструкция деформируется таким образом, что ее полная потенциальная энергия обладает минимумом.

В расчете трехслойный стеновой блок моделируется совокупностью вертикальных упругих слоев (УС) конечных размеров с постоянными – по ширине модулем деформации и коэффициентом Пуассона. Для решения краевой задачи линейной теории упругости (плоская деформация) используется вариационно-разностный подход, который имеет важность практического применения в расчетах балок, балочных плит и приближенных к ним расчетных моделей упругих элементов конструкций на упругом, в том числе и искусственном основании.

Анализ напряженно-деформированного состояния трехслойного стенового блока, находящегося под действием статической нагрузки и рассчитанного с использованием вариационно-разностного подхода, показывает, что блок работает с огромным запасом прочности на сжатие. Максимальные нормальные напряжения в несущем слое (по результатам нелинейного расчета с использованием ВРП) $\sigma_{\max}=34,2$ кПа, а предел прочности этого же слоя (по результатам эксперимента) $\sigma_u=9,3$ МПа.

Практически полное совпадение результатов линейного и нелинейного расчетов при малых нагрузках (блок самонесущий) свидетельствует о том, что для таких хрупких материалов, как стеклофибробетон и пеностекло, при исследовании НДС трехслойного стенового блока достаточно ограничиваться упругим решением инженерной задачи.

Кроме того, можно сделать вывод о том, что разработанная для вариационно-разностного подхода и апробированная в ходе численного счета компьютерная программа, может быть использована в инженерных расчетах конструкций ограждения из трехслойных стеновых блоков по первому предельному состоянию (по несущей способности).

УДК 620.179.14
МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ
КАМЕР СГОРАНИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. А. ЛУХВИЧ, О. В. БУЛАТОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Общими элементами камер являются корпус из высокопрочной ферромагнитной стали, ячеистая бронзовая прослойка, на которую наносятся никелевые и хромовые покрытия, обеспечивающие тепловую защиту. Толщина ингредиентов двухслойного покрытия является строго нормируемым параметром как для разных двигателей, так и по зонам камеры любого типа; диапазон толщины никеля 200–700 мкм, хрома 50–200 мкм. В общем случае задачи контроля толстослойных никелевых и двухслойных хромоникелевых покрытий решены в ИПФ НАН Беларуси на основе магнитодинамического метода толщинометрии. Созданы два типа приборов МТНП-1 и МТДП-1; приборы и меры толщины покрытий для их метрологического обеспечения сертифицированы в Российской Федерации [1–4]. При этом за счет выбора характеристик магнитодинамических преобразователей оказалось возможным устранить влияние структуры (технологии нанесения) никеля на погрешность измерения его толщины.

Сказанное выше справедливо для случая контроля толщины никелевых покрытий на неферромагнитных основаниях. Задача контроля толщины никелевых и хромоникелевых покрытий камер ракетных двигателей гораздо сложнее. Первичное намагничивающее поле не локализуется в объеме информативной зоны; информативный сигнал является функцией толщины покрытия и бронзовой прослойки между покрытием и корпусом камеры. Величина дополнительной погрешности при контроле никелевых покрытий двигателя РД-191, где толщина прослойки меняется от 2,7 до 9,8 мм, зависит от толщины никеля и прослойки и составляет десятки процентов. Функциональные возможности прибора МТНП-1 позволяют измерять, запоминать и компенсировать сигнал, обусловленный корпусом. Эта задача решается применительно к каждому типу двигателей: экспериментально устанавливается характер зависимости информативного сигнала от толщины прослойки и никеля, соответствующие зависимости вводятся в память прибора и используются для корректировки основной градуировочной зависимости. Операцию корректировки назовем настройкой нуля прибора.

Результаты по дополнительной погрешности измерений без и после настройки нуля на неферромагнитной пластине толщиной ~5,7 мм, наложенной на фрагмент камеры, представлены на рис. 1; пунктирные кривые соответствуют результатам, полученным без настройки нуля, сплошные – после настройки.

УДК 535.31 + 621.658.011
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ АНИЗОТРОПИИ В
АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ СТЕКЛАХ

В. М. КУЛЬБЕНКОВ, А. И. ВОЙТЕНКОВ, А. В. ХОМЧЕНКО,
Е. А. ГОЛОД, А. В. ЗАЙЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Остаточные напряжения обуславливают механическую прочность закаленного стекла и обеспечивают его безопасную эксплуатацию в автомобиле. Для контроля напряжений традиционно применяются поляризационно-оптические методы исследования возникающего двулучепреломления, что позволяет оценить распределение таких напряжений. Однако применение такого подхода для количественной оценки напряжений требует знания фотоупругих постоянных неоднородного приповерхностного слоя стекла или величины показателя преломления в какой-либо точке поперечного сечения стекла.

Так как приповерхностная область плоских термически закаленных стекол находится в сжатом состоянии, а центральная область – в растянутом, то в случае, когда размеры образца значительно больше его толщины, реализуется плосконапряженное состояние и приповерхностный слой в первом приближении можно рассматривать как положительный кристалл с оптической осью, направленной перпендикулярно поверхности образца. Волноводный метод позволяет по измеренному спектру мод определить параметры таких градиентных слоев. Тогда величина наведенной анизотропии равна разности показателей преломления $\Delta n = n_0^{TM} - n_0^{TE}$ материала волноводного слоя (волны ТЕ-поляризации будут соответствовать обыкновенному лучу, а волны ТМ-поляризации – необыкновенному). Выполнены измерения оптической анизотропии в стекле толщиной 5 и 20 мм волноводным и поляризационно-оптическими методами в плоскости образца. Исследовано распределение величины двулучепреломления по толщине пластины поляризационно-оптическим методом. Восстановлен профиль двулучепреломления волноводным методом. Выполнен анализ полученных данных.

Сделан вывод, что предложенный подход позволяет оценить величину механических напряжений, возникающих в приповерхностном слое закаленного стекла, и обеспечить калибровку поляризационно-оптической установки для контроля неоднородности распределения механических напряжений, а следовательно корректную оценку величины напряжений в изготавливаемых образцах.

УДК 629
ВЫПОЛНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ С ПОМОЩЬЮ
ОБОРУДОВАНИЯ С ПРУЖИННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

О. В. ГОЛУШКОВА, Л. А. СИВАЧЕНКО, А. Д. ГАВРИЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В строительстве жилых, культурно-бытовых, административных и промышленных зданий и сооружений строительные отделочные работы являются наиболее сложными и трудоемкими. Около 30 % всех строителей, участвующих в строительстве, занято на отделочных работах. Основная часть отделочных работ, в силу их специфики, выполняется в сжатые сроки в условиях строительной площадки на завершающем этапе строительства.

Для повышения качества выполняемых строительными отделочными работ, которые во многом определяют эксплуатационные, эстетические, гигиенические показатели зданий, используются различные по назначению и устройству строительные отделочные машины и механизмы, ручные инструменты и приспособления. Средний уровень механизации строительных отделочных работ в странах СНГ составляет 40–45 %. Особенно велика доля ручного труда на мелких рассредоточенных объектах, количество которых в настоящее время резко возросло в связи с индивидуальным строительством. Поэтому механизация строительных отделочных работ является весьма актуальной задачей.

Для удовлетворения строительства строительными отделочными и ручными машинами необходимы освоение и рост выпуска ручных машин многоцелевого назначения со сменными рабочими органами для промышленных методов отделки, новых прогрессивных конструкций машин и оборудования для механизации штукатурных, малярных и других видов отделочных работ. При создании новых строительных отделочных и ручных машин постоянно повышаются требования к их техническому уровню: увеличение ресурса, приспособляемость к диагностированию, простота технического обслуживания и ремонта, надежность в исполнении рабочего органа.

Рассмотрим, применительно к штукатурным работам, разработанное оборудование с пружинными рабочими органами.

Любые каменные и бетонные поверхности, простоявшие неоштукатуренными более 1 года или объекты ремонта требуют обязательной насечки и промывки. Насечка это нанесение на поверхность под штукатурку штрихов глубиной до 5 мм и длиной 10–15 мм. На 1 м² обрабатываемой поверхности нужно сделать до 1200 штрихов. Обычно эту работу выполняют с

помощью ручных инструментов – бучарды, молотка с зубилом. Авторами для этой операции нами предлагается устройство для обдирки. Оно имеет рабочий орган в виде спирали Архимеда с зубьями на торцевой поверхности. Спираль с зубьями крепится на валу дрели. Оно позволяет быстро и качественно выполнять подготовку поверхности стен и потолков как плоских, так и криволинейных.

Для выполнения штукатурных работ применяют раствор на основе гипсовых и цементных вяжущих. Промышленностью в настоящее время выпускаются готовые сухие смеси, которые перед применением необходимо затворить водой. Для их качественного перемешивания авторами предлагается использовать диспергатор; диспергатор планетарный и смеситель, в зависимости от объемов замеса.

Диспергатор содержит ручную электрическую дрель со смонтированным в ее патроне одним концом рабочего органа в виде дугообразно изогнутой винтовой спирали, а второй конец спирали установлен на оси дополнительной опоры, закрепленной на конце кронштейна, который жестко связан с корпусом дрели. Кронштейн совмещен с ручкой для держания инструмента.

Диспергатор планетарный имеет винтовую спираль, один конец которой закреплен на валу дрели, а второй – свободно перекатывается под действием вращательного движения верхнего конца в сменной открытой емкости, снабженной крышкой, на поверхности которой имеется стакан для поддержания дрели и загрузочное отверстие. Смеситель имеет треугольную лопасть, закрепленную на валу, стороны лопасти снабжены винтовыми упругими элементами. Смеситель крепится к электродрели, посредством которой приводится во вращательное движение. Применяется для смешивания шпатлевок, строительных смесей с крупностью заполнителя до 40 мм любой жесткости.

Если на объекте необходимо приготовить смесь из отдельных компонентов, то для просева песка рекомендуется использовать пружинный грохот. Он имеет рабочий орган в виде вибрирующей в вертикальной плоскости спиральной пружины, навитой из проволоки одного диаметра с одинаковым шагом витков. Служит для классификации заполнителей по крупности для растворов и отделения посторонних включений.

При нанесении штукатурки, каждый последующий слой наносится на выровненный и затвердевший предыдущий слой. Обычно для этих целей используется ручной инструмент гладилка, полутерок, правила. Авторами предлагается использовать устройство для затирки и заглаживания поверхностей. Оно представляет собой спираль Архимеда, поверхность которой обтянута резиновым жгутом таким образом, что она оказывается в резиновой обойме, смонтированной на базе электродрели.

Разработанное оборудование предназначено для обеспечения необходимого уровня механизации отделочных работ в строительстве.

вительны к недогреву под закалку (M_m, M_s и M_r), либо не имеют однозначной зависимости от температуры закали ($M_{Hc}, M_{2Hc}, M_{\mu m}, M_{Hr}, M_{rc}, \mu_n, \mu_m, \mu_r$ и μ_{rc}).

Перегрев под закалку изделий из стали У10А можно установить по результатам измерения M_m, M_r, μ_{dm} и $H_{\mu n}, \mu_{dHc}$. Другие магнитные характеристики либо нечувствительны к перегреву образцов под закалку (M_{Hr}, M_{rc} и μ_m), либо по ним трудно отличить структурное состояние металла, перегретого под закалку, от недогретого ($H_c, H_r, H_{\mu dm}, M_{Hc}, M_{2Hc}, M_{\mu m}, M_{\mu dm}, \mu_n, \mu_r$ и μ_{rc}).

Однозначно определять как недогрев, так и перегрев данной стали под закалку можно только по H_{μ}, μ_{dm} и μ_{dHc} . Однако чувствительность этих характеристик к перегреву стали У10А под закалку невысока.

Поэтому для повышения чувствительности контроля перегрева под закалку изделий из стали У10А необходимы иные информативные параметры либо комбинации этих параметров.

В ходе проведенных исследований было установлено, что наиболее чувствительными информативными параметрами для контроля качества проведенной закали во всем диапазоне возможных температур являются частные от деления относительных величин $H_c, H_r, H_{\mu m}$ и $H_{\mu dm}$ на магнитные проницаемости $\mu_{dm}, \mu_{dHc}, \mu_{rc}, \mu_r$ и μ_m . Для практической реализации контроля в качестве информативного параметра U предпочтительнее использовать частное от деления напряженности магнитного поля, при которой достигается максимальное значение дифференциальной магнитной проницаемости, к величине этой проницаемости (рис. 1).

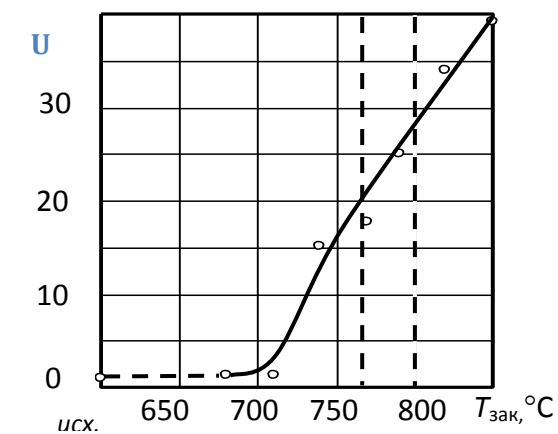


Рис. 1. График зависимости информативного параметра $U = \frac{H_{\mu dm} / H_{\mu dm}^{исх}}{\mu_{dm} / \mu_{dm}^{исх}}$

от температуры закали

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михеев, М. Н.** Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М. Н. Михеев, Э. С. Горкунов. – М. : Наука, 1993. – 252 с.

З. М. КОРОТКЕВИЧ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Отличительной особенностью заэвтектоидных сталей, к которым относится и инструментальная высококачественная углеродистая сталь У10А, является высокая чувствительность к перегреву под закалку и узкий диапазон закалочных температур. Поэтому контроль температуры закалки этой стали является актуальной задачей неразрушающего контроля в силу ее широкого распространения.

Изменения магнитных свойств заэвтектоидной углеродистой инструментальной стали У10А при закалке от разных температур обусловлены соответствующими изменениями ее структуры. При нагреве образцов под закалку до 710 °С включительно, существенных структурных изменений и фазовых превращений в стали не происходит. Увеличение нагрева под закалку свыше критической точки приводит к существенным изменениям магнитных свойств стали У10А, связанных со структурными изменениями в материале, где и возникает проблема их контроля [1].

В ходе исследований образцов из стали У10А были измерены различные магнитные параметры, такие как: остаточная намагниченность M_r ; коэрцитивная сила H_c ; релаксационная коэрцитивная сила H_r ; релаксационная намагниченность M_{Hr} ; остаточная намагниченность M_{rc} после снятия поля, равного H_c ; максимальная дифференциальная магнитная проницаемость μ_{dm} и дифференциальная магнитная проницаемость μ_{dHc} при размагничивающем поле, равном коэрцитивной силе H_c ; напряженность намагничивающего поля $H_{\mu dm}$ и намагниченность $M_{\mu dm}$, соответствующие максимуму дифференциальной магнитной проницаемости. По результатам измерений рассчитывались намагниченность насыщения M_s (по закону подхода к насыщению), релаксационная магнитная проницаемость $\mu_r = M_{Hr}/H_r + 1$ и магнитная проницаемость на кривой возврата от коэрцитивного поля $\mu_{rc} = M_{rc}/H_c + 1$. По основной кривой намагничивания определялись: максимальная намагниченность M_m ; начальная μ_n и максимальная μ_m магнитные проницаемости; напряженности намагничивающего поля $H_{\mu m}$ при котором достигается μ_m ; намагниченности $M_{\mu m}$, M_{Hc} и M_{2Hc} при магнитном поле, равном $H_{\mu m}$, коэрцитивной силе H_c и двум коэрцитивным силам $2H_c$ соответственно.

Анализ приведенных параметров позволил сделать вывод, что к недогреву под закалку изделий из стали У10А чувствительны H_c , H_r , $H_{\mu m}$ и $H_{\mu dm}$, μ_{dm} и μ_{dHc} , $M_{\mu dm}$. Другие магнитные характеристики либо слабо чувст-

Л. П. ГОМОН, О.Н. ДОВБАКА

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
Ровно, Украина

Для исследований было изготовлено 9 железобетонных колонн прямоугольного сечения с размерами: высотой $h = 16$ см, шириной $b = 11$ см, длиной $l = 300$ см с одинаковым армированием и 6 призм размерами 10x10x60 см. Образцы изготовлены из бетона класса В20. Колонны армированы продольной рабочей арматурой $\varnothing 12$ А400.

Кратковременной статической нагрузкой были испытаны три колонны и определена их прочность. Шесть следующих колонн испытывались малоцикловой повторной кратковременной нагрузкой, верхний уровень которой составлял 0,6(0,8) от разрушительной нагрузки ($\eta_{cyc} \approx 0,6(0,8)$, где η_{cyc} – верхний уровень малоцикловых повторных нагрузок). Нижний уровень нагрузки принимался равным $\eta_{cyc} = 0,3$. Загружение и разгрузку образцов в циклах осуществляли постепенно ступенями, величина которых принималась 0,1 от разрушительной нагрузки. Эксцентриситет при этом составлял $e_{ox} = 28$ мм; $e_{oy} = 33$ мм.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что появление новых, продление и раскрытие уже существующих трещин проходили за первые пять, шесть циклов нагрузки колонн всех марок КМ (0,3-0,6), КМ (0,3-0,8), а в дальнейшем наблюдалась стабилизация. Разрушение кососжимаемых железобетонных колонн при действии кратковременной нагрузки проходило плавно: начиналось с растянутой зоны элементов и сопровождалось значительным раскрытием трещин растянутой зоны бетона. Напряжение в наиболее растянутом арматурном стержне посередине сечения колонны достигали предела текучести. Разрушение заканчивалось образованием лещадок в сжатой зоне и полным раздроблением бетона крайних волокон сжатой зоны. Разрушение всех кососжимаемых железобетонных колонн марок КМ (0,3–0,6), КМ (0,3–0,8), после воздействия малоцикловых нагрузок различных режимов проходило аналогично разрушению при действии кратковременной нагрузки, только в этом случае наблюдалось увеличение площади раздробления бетона в сжатой зоне железобетонного элемента. С увеличением верхнего уровня малоцикловой нагрузки – увеличивалась и площадь раздробления бетона. Все колонны, как при кратковременной одноразовой статической нагрузке, так и после действия

малоцикловых нагрузок, разрушились в сечении близком к середине длины элемента.

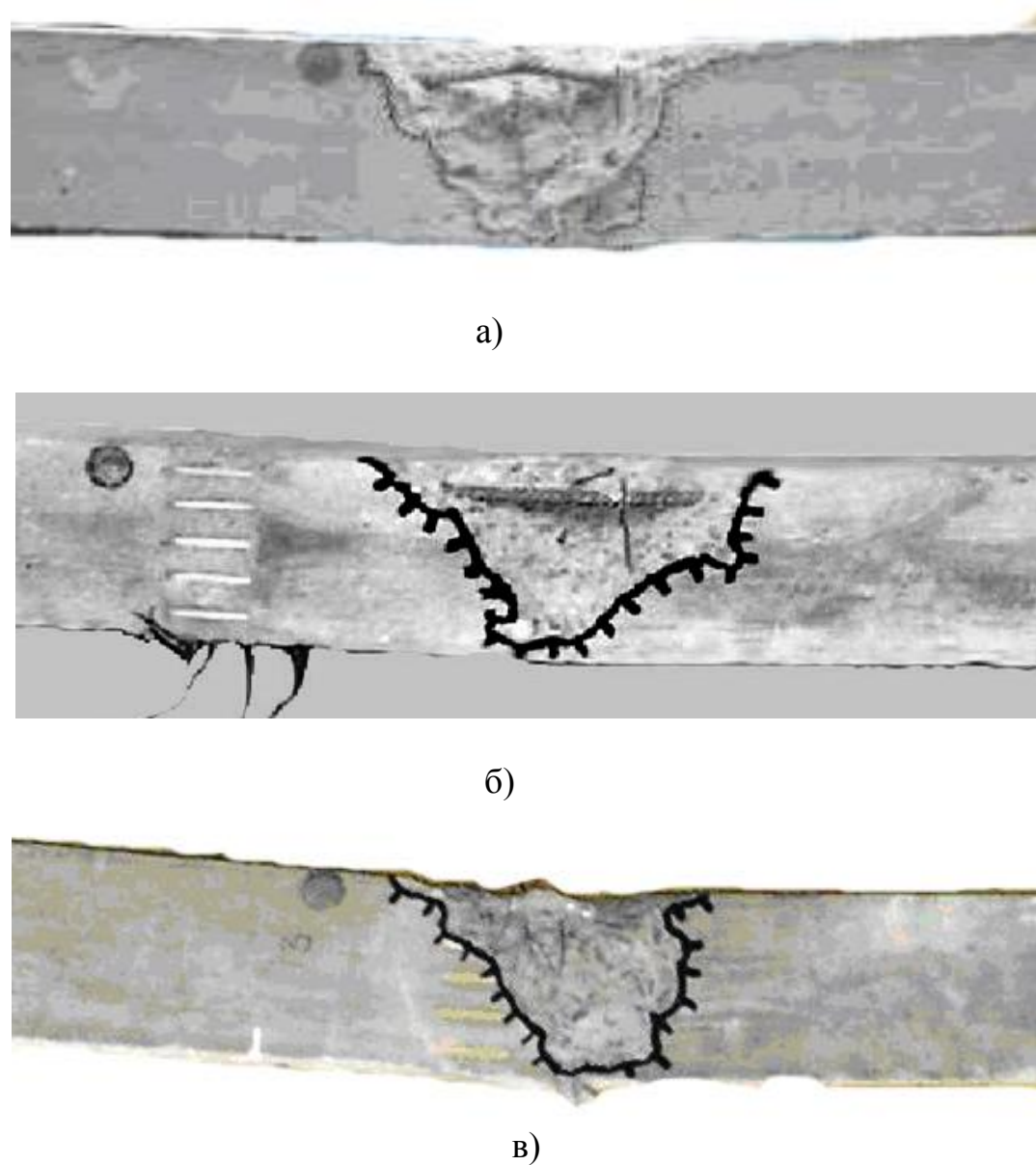


Рис. 1. Разрушения сжатой зоны кососжимаемых железобетонных колонн: а) KK_2 ; б) $KM_3(0,3-0,6)$; в) $KM_1(0,3-0,8)$

Появление новых, продление и раскрытие уже существующих трещин проходили за первые пять, шесть циклов нагрузки колонн всех марок КМ (0,3-0,6), КМ (0,3-0,8), а в дальнейшем наблюдалась стабилизация. Разрушение происходило, как при кратковременной одноразовой статической нагрузке, так и после действия малоцикловых нагрузок, в сечении близком к середине длины элемента.

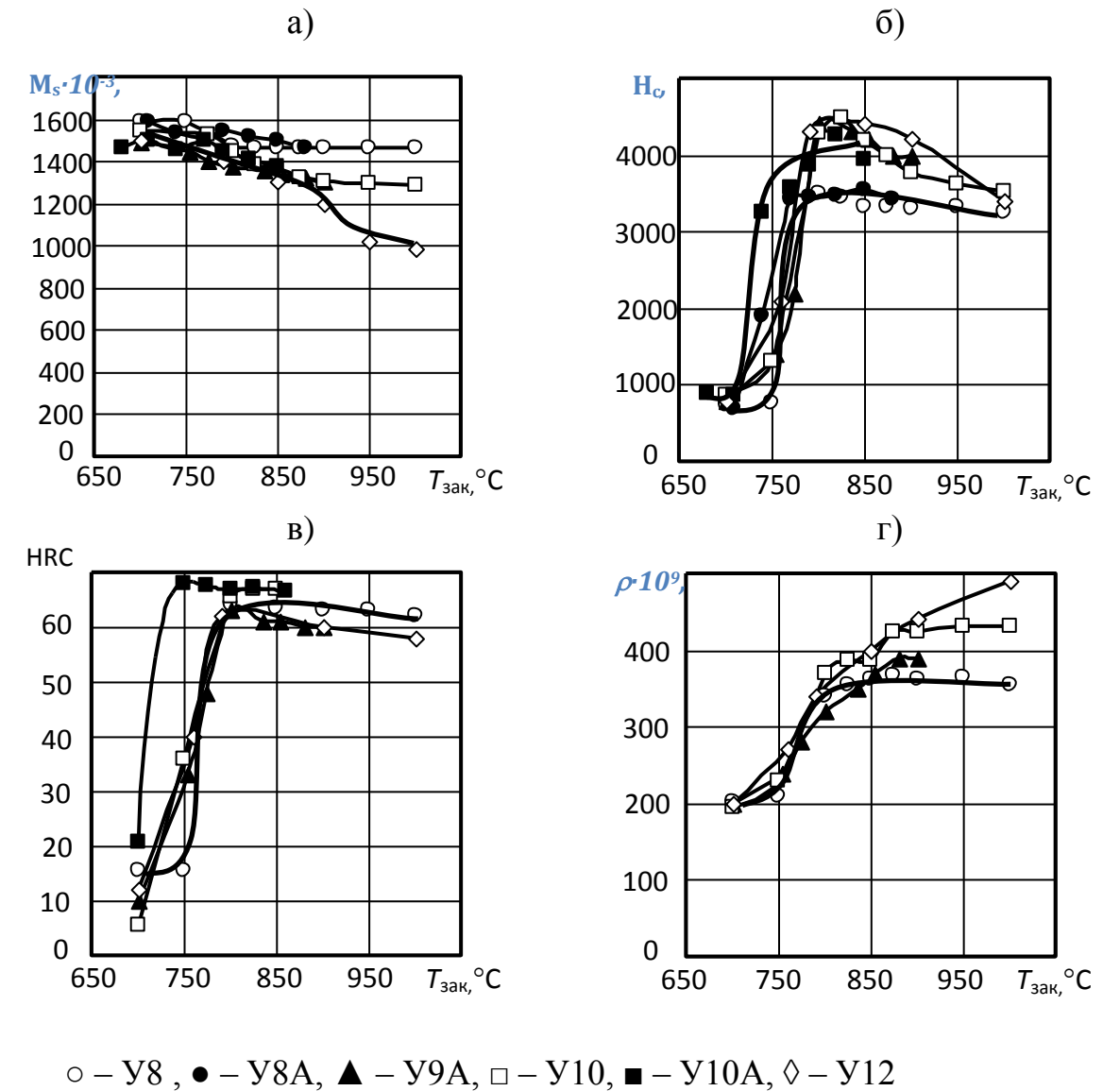


Рис. 1. Зависимости магнитных свойств, твердости и электрического сопротивления инструментальных углеродистых сталей от температуры закалки

Твердость HRC ведет себя по аналогии с коэрцитивной силой. Единственным из стандартных параметров, по которому можно дать оценку температуры закалки, является электрическое сопротивление ρ , но и его можно использовать только для заэвтектоидных сталей, так как для эвтектоидных он ведет себя аналогично H_c и HRC.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михеев, М. Н.** Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М. Н. Михеев, Э. С. Горкунов. – М. : Наука, 1993. – 252 с.

УДК 620.179.14
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

З. М. КОРОТКЕВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Определяющим фактором, влияющим на свойства инструментальных углеродистых сталей, является их термообработка. Поэтому ее контроль представляет большой интерес для производства и промышленности.

Так как магнитные исследования сталей ранее проводили на стандартной баллистической установке БУ-3, то измерялись только некоторые основные магнитные характеристики. Современные магнитоизмерительные установки (например, установка УИМХ) позволяют существенно увеличить число измеряемых характеристик и, тем самым, расширить возможности магнитного контроля температуры, при которой проводилась термообработка инструмента.

Изменение магнитных и электрических свойств и твердости инструментальной углеродистой стали при закалке обусловлено мартенситным превращением, происходящем при быстром охлаждении стали от температур выше точки A_{c1} (температуры превращения аустенита в перлит, равной $723\text{ }^{\circ}\text{C}$). Степень этого изменения определяется температурой нагрева под закалку и скоростью охлаждения.

Закалка инструментальных углеродистых сталей от температур до $710\text{ }^{\circ}\text{C}$ включительно существенных структурных изменений и фазовых превращений в стали, по сравнению с исходным состоянием, не вызывает [1]. Поэтому большинство ее магнитных характеристик и твердость при закалке от температур нагрева в данном диапазоне изменяются незначительно. Некоторые из этих характеристик приведены на рис. 1.

Увеличение температуры нагрева под закалку свыше точки A_{c1} приводит к значительным изменениям магнитных свойств исследуемых сталей.

Намагниченность насыщения M_s для эвтектоидных сталей практически не изменяется от температуры закалки, в то время как заэвтектоидные стали имеют тенденцию к снижению этого магнитного параметра. Величина коэрцитивной силы H_c существенно увеличивается (приблизительно в 3 раза) относительно значений при температуре $710\text{ }^{\circ}\text{C}$, но при достижении равновесного структурного состояния дальнейшее увеличение температуры нагрева под закалку не влияет на эту величину, поэтому контролировать узкий диапазон закалки и перегрев под закалку по коэрцитивной силе не возможно.

УДК 624.011.1
РАБОТА БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКИХ И МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗОК

С. С. ГОМОН, В. И. АЛЕКСИЕВЕЦ, В. Д. ШАКИРЗЯНОВ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
Ровно, Украина

Расчет нагельных соединений, в том числе и болтовых, ведется в соответствии с нормативными документами [1, 2]. Однако действующие нормы не учитывают влияния малоцикловых нагрузок на несущую способность таких соединений, поскольку данный вопрос, как теоретически, так и экспериментально, не достаточно изучен. Все это говорит о том, что необходимо установить влияние малоцикловых нагрузок на работу нагельных соединений деревянных конструкций.

Исследования болтовых соединений на малоцикловые нагрузки выполнялись на симметрических образцах, при работе нагеля на изгиб и деформировании древесины вдоль волокон. Для определения деформаций изгиба болтов использовались тензодатчики с тензометрической измерительной системой СИИТ-3М. Средние деформации сдвига элементов соединения определялись с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10М. Расчетное время нагрузок составляло $10^3 \dots 10^4$ сек, при этом моделировалась совместная постоянная и кратковременная ветровая нагрузки. Методика испытаний, режимы нагружения приведены в [4] и соответствовали рекомендациям по испытанию нагельных соединений [3]. Болтовые соединения показаны на рис. 1.

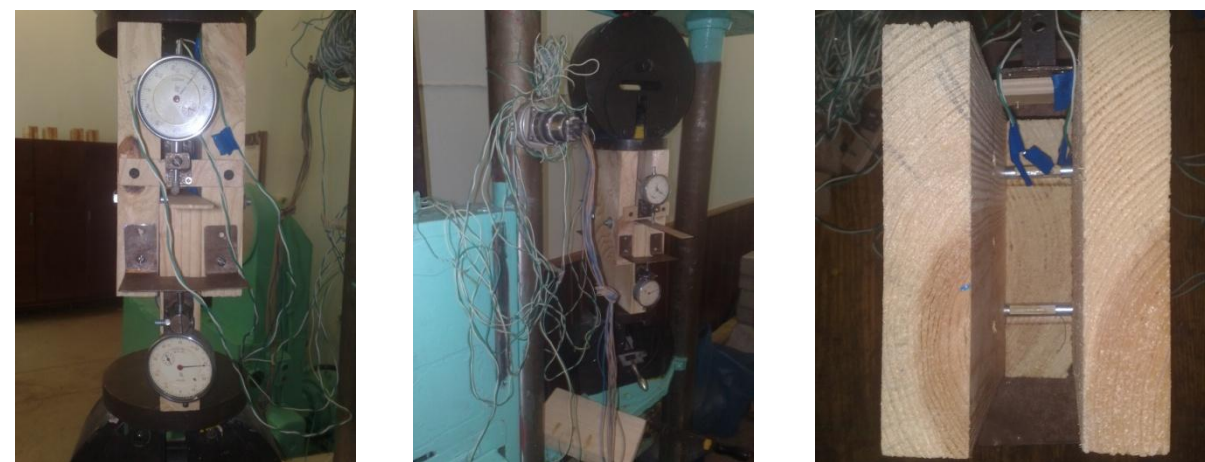


Рис. 1. Болтовые соединения под нагрузкой

Выполненные испытания показали, что малоцикловую выносливость симметрических болтовых соединений составляют нагрузки, которым соответствуют деформации $0,4\Delta_u$ ($\Delta_u=2,0$ мм – предельные деформации). Стабилизация средних деформаций соединения, при таком режиме, произошла на 50-м цикле малоциклового нагружения.

Проанализировав относительные деформации болтов, можно утверждать, что образование «шарнира пластичности» в их средней зоне не произошло, поскольку нормальные напряжения не достигли значений условного предела текучести.

Следует отметить, что несущая способность болтовых соединений, приблизительно в полтора раза, превышает несущую способность, определенную по действующим нормативным документам [1], и соответствует значению, определенному по нормам [2]. Таким образом, в соответствии с полученными экспериментальными данными, изменение несущей способности болтового соединения по действию малоциклового нагружения, при уровнях, которые не превышают уровней $0,4\Delta_u$, целесообразно учитывать с помощью коэффициента условий его работы, на который необходимо умножать минимальное значение расчетной несущей способности, определенной согласно действующим нормам [1].

Для отмеченного уровня загрузки болтового соединения коэффициент условий работы составляет $\gamma_{cyc}=1,5$.

Данные рекомендации справедливы для древесины – сосны с влажностью $W=12...14\%$ и болтов диаметром $6, 8$ мм класса прочности 5,8, класса точности В.

Впервые проведены испытания болтовых соединений при действии малоциклового нагружения разных уровней. Установлено, что определение расчетного значения несущей способности болтового соединения по нормативным документам [1] необходимо учитывать с использованием коэффициента условий работы γ_{cyc} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М. : Стройиздат. – 1982. – 65 с.
2. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. – 1995. – 124 p.
3. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций // ЦНИИСК им В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат. – 1980. – 40 с.
4. Гомон, С. С. Работа соединений деревянных элементов на гвоздях за действия малоциклового нагружения. / С. С. Гомон, В. И. Алексеев // Сб. науч. тр. – Одесса : ООО «Внешрекламсервис», 2008. – С. 26–31.

Диагональная сетка Карри. Второй, важнейшей с точки зрения биопатогенного воздействия решетчатой структурой является диагональная сетка М. Карри. Она образована параллельными полосами (стенами), направленными с юго-запада на северо-восток и перпендикулярно к этому направлению с северо-запада на юго-восток, пересекающимися по диагонали прямоугольную сетку Хартмана.

Предполагают, что сетка Карри возникает в результате сложного взаимодействия геофизических и космических процессов. Координатные сетки являются не самостоятельными образованиями, а имеют в своей основе поля излучений, исходящих от подземных водных потоков и геологических разломов, поэтому их подразделяют на сетки разломов и водоносные сетки. Величина контура для больших геологических разломов постоянна и составляет приблизительно 2 м в направлении с севера на юг и 2,5 м в направлении с востока на запад.

Полосы сетки Карри идут в определенном порядке. Через каждые 14 параллельных тонких полос первого порядка, шириной несколько сантиметров, идет 15-я полоса второго порядка, шириной около 30 см. В последующем такое чередование продолжается. После каждой четырнадцатой (тридцатисантиметровой) полосы идет пятнадцатая полоса третьего порядка шириной в один метр. Этот закон продолжает действовать и дальше. Описанные полосы пересекаются такой же системой перпендикулярных полос. Так получаются «параллели» и «меридианы» (биопатогенные). На пересечении полос образуются узлы Карри, обладающие выраженным биопатогенным действием. При совпадении узлов Карри и Хартмана возникает угроза заболевания, так как суммарный эффект такого излучения значительно возрастает. Биопатогенные зоны – это ограниченные участки, в которых наблюдаются аномалии суточной динамики геометрических и геомагнитных полей, которые действуют разрушающе на любые биологические объекты, в том числе и на организм человека. Название «биопатогенные полосы» или «зоны» произошло от того, что они способны вызывать патологию, т. е. отрицательные изменения здоровья у тех людей, которые длительное время находятся на этих полосах.

Биопатогенные зоны представляют собой обобщающее понятие, обозначающее участки земной поверхности различной протяженности, длительное нахождение в которых приводит к нарушению здоровья и развитию заболеваний. Биопатогенные зоны бывают локальными, величиной от нескольких до десятков сантиметров, и протяженными – в виде полос или решетчатых сеток. Структура этих зон до конца не изучена, поскольку в настоящее время не поддается определению с помощью технических средств, но уже установлен их сложный и полиморфный характер.

П. А. КОЗЫРИЦКИЙ, В. В. НАЛЬГАЧЕВ, А. О. ЧИЖИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Энергетические сетки Земли различных порядков представляют полевые образования определенной структуры в виде силовых линий, полос, плоскостей и энергетических узлов. В их образовании помимо сложного взаимодействия многочисленных геофизических факторов принимает участие космическое излучение, формируя сложнейшую динамическую полевою структуру. Наиболее изученными являются глобальная прямоугольная координатная сетка Э. Хартмана и диагональная координатная сетка М. Карри, биопатогенное воздействие которых является доказанным научным фактом.

Прямоугольную сетку Хартмана называют общей, глобальной, так как она охватывает всю земную поверхность и имеет решетчатую структуру достаточно правильной формы. Сетка названа именем известного немецкого врача и исследователя земного излучения Эрнста Хартмана, который ее впервые обнаружил. Сетку Хартмана также называют координатной, в связи с ее точной ориентировкой по геомагнитному меридиану и геомагнитной параллели.

Сетка представляет собой чередующийся ряд параллельных полос (стен), шириной около 20 см (от 19 до 27 см). Излучение полос неоднородно; состоит из первичной части 2-3 см, с выраженными электромагнитными свойствами, и вторичной, образованной излучениями различных полей, активными радикалами газовых молекул, покрывающими первичную часть в виде своеобразной «шубы». Высказывается предположение, что этот слой «шубы» формируется за счет взаимодействия космического, атмосферного и геофизического процессов. Сетка Хартмана ориентирована по сторонам света. Каждая ее ячейка представлена двумя полосами – короткими (от 2,1 до 1,8 м; в среднем 2 м), направленными на север-юг, и более длинными (от 2,25 до 2,6 м; в среднем 2,5 м), направленными на восток-запад. Полосы сетки Хартмана поляризованы на условно «положительные» и «отрицательные». При этом направление их энергетического потока может быть восходящим и нисходящим. В местах пересечения они образуют так называемые узлы Хартмана, величиной около 25 см. Через каждые 10 м в решетке сетки проходят полосы большей интенсивности и ширины.

С. С. ГОМОН, С. С. ГОМОН, Т. А. САСОВСКИЙ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
Ровно, Украина

В последние годы возрос интерес ученых к проблеме исследования состояния древесины под нагрузкой и построения полной диаграммы деформирования материала. Это связано с постепенным переходом стран постсоветского пространства к внедрению расчетных деформационных моделей расчета строительных конструкций.

В большинстве известных случаев экспериментальных исследований деформирования древесины под нагрузкой, как при сжатии, так и при растяжении вдоль волокон, не ставилась задача построения зависимости $\sigma_d - \varepsilon_d$ (напряжения–деформации) с нисходящей ветвью. В этих исследованиях использовали, в основном, прямой метод построения диаграммы деформирования с контролем скорости возрастания нагрузок [1–3]. При такой методике исследований нельзя получить диаграмму деформирования древесины и других материалов с нисходящей ветвью. Действительная кривая может быть построена только при исследовании нагрузкой, которая может постепенно уменьшаться [4] с жестким режимом приложения такой нагрузки.

Для решения этой проблемы на кафедре инженерных конструкций НУВХП была изготовлена установка с принципом действия аналогичным установке, которая использовалась в работе [5], а также были изготовлены призмы 45x45x250 мм с древесины – сосны, которая выросла в Ровенской области. Возраст дерева 120 лет, влажность древесины на время испытаний 10 %.

В процессе подготовки образцов к испытаниям, на каждую из граней крепился индикатор часового типа 2МИГ с базой измерений 100 мм. Перед началом испытания образец из древесины центрировался по физическим осям. Для снятия отсчетов на каждой ступени нагрузка образцов производилась ступенями с выдержкой в 3–5 минут.

По результатам испытаний построены графики «напряжение–относительные деформации». На основе построенных графиков получена диаграмма физического состояния испытуемой древесины с нисходящей ветвью, экспериментально определены значения максимальных критических деформаций $\varepsilon_{d,f}$ при предельном значении временного сопротивления древесины сжатию $f_{c,o,d}$ вдоль волокон. Пример построения такой

диаграммы показан на рис. 1. Также на этом рисунке представлено теоретическое описание диаграммы $\sigma_d - \varepsilon_d$ (напряжения–деформации) полиномом второй степени, предложенным Ленновым В. Г., [1] с учетом построения нисходящей ветви:

$$\sigma = K_1 \varepsilon_d + K_2 \varepsilon_d^2. \quad (1)$$

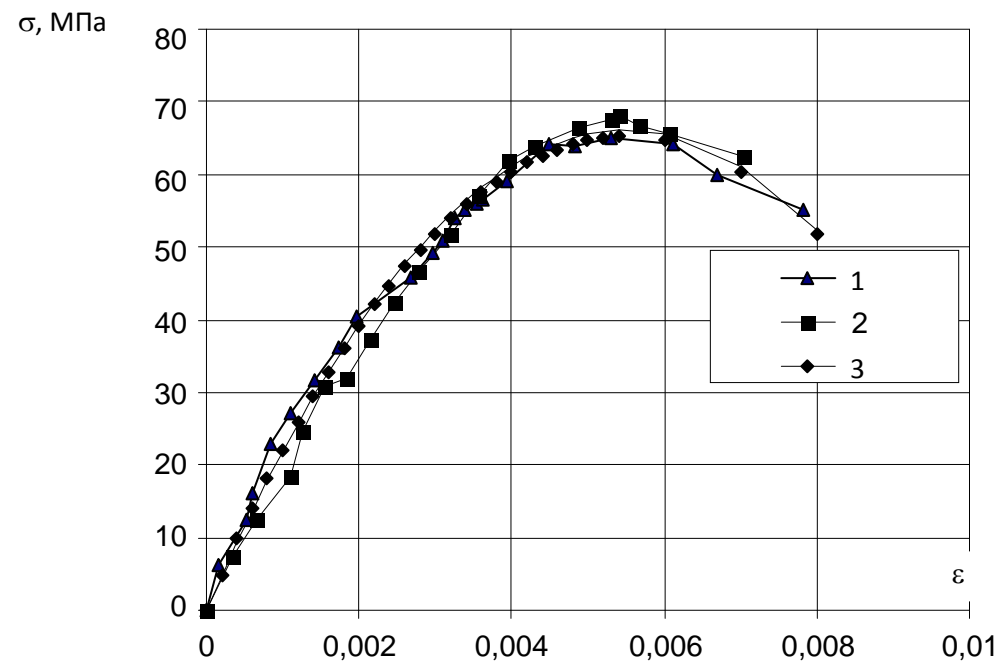


Рис. 1. Диаграммы “напряжение-деформации” сжатия древесины сосны: 1, 2 – экспериментальные значения; 3 – теоретические значения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леннов, В. Г.** Экспериментальное исследование древесины на сжатие и растяжение вдоль волокон с учетом длительного действия нагрузки / В. Г. Леннов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1958. – № 2. – С. 147–157.
2. **Быков, В. В.** Экспериментальные исследования прочности и деформативности древесины сибирской лиственницы при сжатии и растяжении вдоль волокон с учетом длительного действия нагрузки / В. В. Быков // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1967. – № 8. – С. 3–8.
3. **Шеховцов, А. С.** Исследование напряженно-деформированного состояния сжато-изогнутых несущих стержневых элементов деревянных сетчатых куполов и совершенствование их узловых соединений: автореф. дис. ...канд. техн. наук. – СПб. : 2008. – 23 с.
4. Методические рекомендации по определению параметров диаграммы « σ – ε » бетона при кратковременном сжатии. – Киев: НИИСК Госстроя СССР. – 1985. – 57 с.
5. Патент України 19747, МПК E04C1/00. Пристрій для одержання повних діаграм стану матеріалів / С. І.Роговий, В. В.Піпенко, О. М. Клюка, П. А. Юрко, А. Г. Прудкий (Україна), №2002076000, 2003, Бюл. № 3. – С. 3.

УДК 6817.068:531.717.55

ПНЕВМООПТИЧЕСКАЯ БЕСКОНТАКТНАЯ СЛЕДЯЩАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, А. А. АФАНАСЬЕВ, В. В. ПИСАРИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Бесконтактные комбинированные измерительные системы особенно перспективны при технологическом контроле протяженных изделий (ленты, полосы, трубы). Отличительными преимуществами таких систем являются:

- точность, быстродействие и широкий динамический диапазон;
- отсутствие необходимости точной фиксации изделия на измерительной позиции и обратного воздействия в цепи первичного и вторичного преобразования.

Необходимость высокого быстродействия измерительной системы при контроле непрерывного технологического процесса объясняется тем, что в первичном преобразователе практически отсутствует установившийся режим. Это приводит к тому, что точность контроля и диапазон измерений определяется не только статическими, но и динамическими характеристиками средств контроля.

Этим требованиям удовлетворяет разработанная бесконтактная пневмооптическая следящая измерительная система технологического контроля на основе бесконтактного пневматического следящего преобразователя (БПСП). Измерительная система отличается тем, что в ней, наряду с оптико-электронным функциональным преобразованием внесен элемент слежения сигнала первичной информации за счет введения отрицательной обратной связи, что позволило существенно расширить динамический диапазон и быстродействие. Быстродействие БПСП значительно превышает известные пневматические преобразователи и составляет 0,02–0,10 с.

В качестве вторичного (измерительного) преобразователя применен растровый фотоэлектрический преобразователь. Фотоэлектрические растровые преобразователи, являясь прецизионными измерительными устройствами, не снижают метрологические характеристики БПСП и всего устройства в целом. Кроме того, они обладают возможностью удобного конструктивного согласования с выходом пневматического измерительного преобразователя и с устройствами электронной обработки измерительной информации.

Разработанная измерительная система позволяет контролировать предельные отклонения размеров, а также отклонения формы изделий.

жении мгновенности удара и позволяет вне рассмотрения самого процесса соударения судить о свойствах соударяемых тел на основании изучения движения ударно-колебательной системы.

В рамках данной теории показано, что если при начальной высоте падения индентора $0 < h_n < h^*$ (где h_n – начальная высота падения индентора, h^* – установившаяся амплитуда колебаний) поступающая энергия превышает теряемую, амплитуда колебаний увеличивается до тех пор, пока не станет равной h^* . При $h_n > h^*$ энергия потерь превышает потребляемую, и амплитуда колебаний уменьшается до значения h^* . Таким образом, вне зависимости от энергии первого удара по материалу с заданной твердостью, данному значению твердости будет соответствовать определенное значение установившейся амплитуды h^* , что является существенным преимуществом по сравнению с одиночными измерениями, где высота и скорость отскока сильно зависят от h_n .

Основным признаком автоколебательной системы является наличие ограничителя нарастания колебаний, который обязательно должен являться нелинейным элементом. В данном случае таким элементом является ключ, который управляет импульсом силы, воздействующим на индентор. Усилие, передающееся со стороны источника энергии на индентор, является функцией конструкции экспериментальной установки, положения и скорости индентора.

В работе приводятся данные о преимуществе автоколебательного метода контроля твердости образцов из резины. Так, были проведены эксперименты на образцах резин с твердостью 32, 38, 46, 55 и 64 единиц по Шору по шкале А. Оценка твердости осуществлялась как в результате одиночных измерений при постоянной энергии удара, так и при установившемся автоколебательном движении индентора. Результаты эксперимента показали, что чувствительность $\frac{dT}{dH}$ (где T – регистрируемый параметр, H – твердость по Шору по шкале А) рассматриваемого метода контроля оказалась на 23-25 % выше, чем при упруго-динамическом методе одиночных измерений, а точность, определяемая как $\frac{dT}{dH} / \Delta H$ (где ΔH – доверительный интервал), возросла на 30–35 %.

УДК 624.1
СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА КАРСТОВЫХ ГРУНТАХ

Е. А. ГУДИМ, С. Д. СЕМЕНЮК

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

В восточной части Беларуси карстовые формы представлены воронками просасывания и провалами различных размеров, т.к. платформенные условия республики не способствуют образованию глубоких карстовых колодцев и шахт. Тем не менее, отмечены воронки до 40–100 м в диаметре и 15–20 м глубины.

В местах образования карстовых провалов грунт уходит из подошвы фундамента, а нагрузка перераспределяется на соседние участки, где обеспечен контакт фундамента с грунтом основания, при этом в основании фундамента зданий и сооружений в зоне карстовых деформаций будут возникать пластические напряжения и деформации. По этой причине несущая способность грунтов у границ карстовой полости снижается. Происходит перераспределение нагрузки на грунты от зданий и сооружений в связи с разуплотнением грунта вокруг полости и ростом давления в основании.

Известен способ, замедляющий рост карстовой воронки в случае ее возникновения, им является устройство фундамента в виде свайного поля.

Устойчивость сооружений может обеспечиваться увеличением опорной поверхности фундамента путем устройства резервного числа элементов опирания консольного типа.

Известны способы тампонирования карстовых полостей и трещин, обнаруженных на земной поверхности в котлованах, упрочнения закарстованных грунтов (для обеспечения возможности заполнения карстовых воронок, образовавшихся под фундаментом здания или сооружения, и предотвращения их развития, предусматривается устройство в полах подвалов и в фундаментах сквозных отверстий для нагнетания цементного раствора или бетона).

Экономическая эффективность усиления фундамента, под подошвой которого образовалась карстовая воронка, достигается повышением несущей способности основания фундамента вокруг карстового провала и снижением величины неравномерных деформаций основания, не допускающих прогрессирующего разрушения здания при образовании карстового провала в основании.

С. В. ДАНИЛОВ, И. А. РЕУТСКИЙ, А. П. ПАЙТРА

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУСКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Отделку внутренних поверхностей кирпичных стен жилых и общественных зданий производят оштукатуриванием известковыми растворами. Помещения площадью до 5 м² оштукатуривают вручную, а свыше 5 м² – механизированным способом.

В зависимости от назначения здания, количества выполняемых операций и требований, предъявляемых к отделочным работам, различают три вида штукатурного покрытия:

- простое штукатурное покрытие – для отделки складских помещений, подвалов, временных и некоторых промышленных зданий;
- улучшенное штукатурное покрытие – для отделки помещений, торговых залов, учебных заведений и промышленных зданий;
- высококачественное штукатурное покрытие – для отделки зданий и сооружений с повышенными требованиями к отделке.

При простом оштукатуривании выполняют технологические операции по подготовке поверхностей под оштукатуривание и провешивание, нанесение обрызга и грунта, разравнивание нанесенного грунта, разделке углов и потолочных рустов, затирке, отделке откосов и заглашин.

А при улучшенном оштукатуривании: подготовка поверхностей под оштукатуривание, провешивание поверхностей, нанесение обрызга и грунта, разравнивание нанесенного грунта, разделке углов, разделке потолочных рустов, нанесение накрывочного слоя, затирке и отделке откосов и заглашин.

Процесс высококачественного оштукатуривания связан с дополнительным нанесением по маякам второго слоя грунта, разравниванием второго слоя грунта, нанесением и затиркой накрывочного слоя.

Механизированное оштукатуривание предусматривает комплексную механизацию всех технологических процессов.

В настоящее время существует значительный арсенал средств комплексной механизации для производства штукатурных работ, включающих большой перечень ручного механизированного инструмента.

Проведенные исследования показывают, что существуют значительные резервы повышения производительности труда за счет рациональной внутрибригадной организации работ. Этот принцип заключается в расчленении общего производственного процесса на отдельные его составляющие и постепенное выполнение их поточными методами.

Е. В. ГНУТЕНКО, В. А. РУДНИЦКИЙ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В настоящей работе рассматривается автоколебательный метод контроля, который является прямым развитием упруго-динамического метода. Регистрируемым параметром в представленных методах является временной интервал между соударениями индентора. Основными отличиями автоколебательного метода являются: регулирование энергии удара, непрерывность съема и обработки информации, что позволяет получить качественно новые результаты, существенно повысить чувствительность измерений и производительность контроля.

При упруго-динамическом методе контроля кинетическая энергия удара нормирована и строго постоянна, в то время как, в предлагаемом методе она является функцией коэффициента восстановления скорости и может изменяться в процессе контроля одного изделия.

В результате проведения сравнения основных элементов созданной экспериментальной установки с составными частями классической автоколебательной системы, можно констатировать следующее. Разработанная установка представляет собой колебательную систему, состоящую из индентора, закрепленного на поворотном рычаге, источника энергии, действие которого направлено на возмещение потерь в колебательной системе, ключа, выполняющего роль клапана, регулирующего подачу энергии. Ограничителем нарастания колебаний в данном случае является обратная отрицательная связь, осуществляемая специальным датчиком и ключом. Действие ограничителя нарастания колебаний усиливается также тем, что энергия пластического деформирования при контроле металлических материалов или энергия, затраченная на преодоление вязких сил сопротивления при контроле полимерных изделий, при возрастании энергии удара растет быстрее, чем упругого деформирования. Принимая во внимание перечисленные особенности можно сказать, что мы имеем дело с автоколебательным движением индентора.

Поскольку временной интервал между соударениями в приборах динамического действия превышает время непосредственного контакта при ударе как минимум на 3 порядка, рассмотрена взаимосвязь параметров движения индентора и энергии, поддерживающей это движение, в рамках стереомеханической теории удара. Данная теория основана на предполо-

На рис. 1. для примера представлена зависимость среднего значения U от N для одной из сторон образца при перпендикулярном относительно оси образца положении ПБ. Видно, что зависимость U от N состоит из нескольких стадий упрочнения и разупрочнения металла. В среднем с ростом N наблюдается постепенный рост МШ, а после $N > 1,15 \times 10^7$ циклов его значение резко возрастает, вплоть до разрушения образца. Приведенные в таблице данные изменения твердости образца, измеренные ультразвуковым прибором МЕТ-1УТ в исходном состоянии ($N=0$), после $N = 1,4 \times 10^7$ (при $\sigma = \pm 600$ МПа $< \sigma_m$ и с выдержкой при $\sigma = \pm 1700$ МПа $< \sigma_s$) и после разрушения ($N = 1,409 \times 10^7$), а также для сравнения U , подтверждают факт изменения структуры металла образца при его многоцикловом нагружении. В результате чередования стадий упрочнения и разупрочнения металла происходит его “размягчение”, приводящее к резкому увеличению магнитной проницаемости μ и снижению твердости. Такой ход зависимостей U и твердости от N обусловлен ростом плотности дефектов, образованием системы микротрещин и зарождением магистральных макротрещин, предшествующих разрушению.

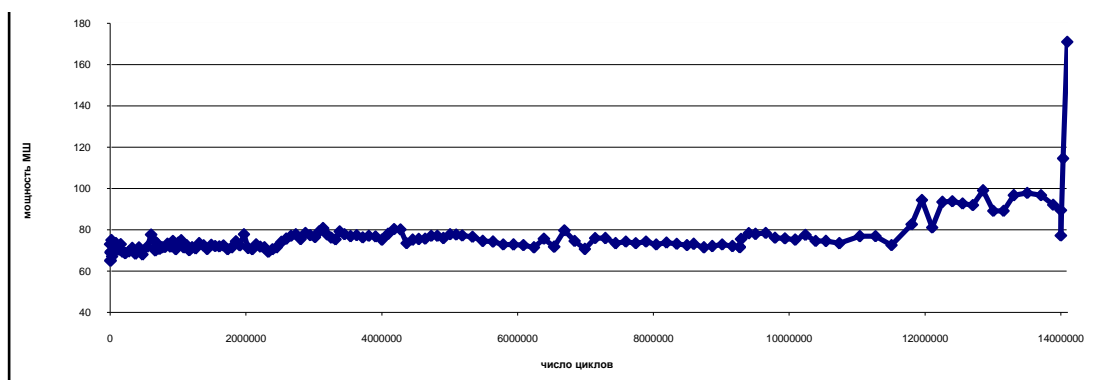


Рис. 1. Зависимость МШ от N для сплава ВНС-2 при циклировании

Табл. 1. Изменение твердости и U от N , где: 1 – $N = 0$; 2 – $N = 1,4 \times 10^7$ ($\sigma = 600$ МПа), 3 – $N = 1,4 \times 10^7$ (-1700); 4 – $N = (+1700)$; 5 – $N = 1,409 \times 10^7$ (после разрушения)

N	0	$1,4 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$	После разрушения
НВ	497	541	534	512	516
$U, мВ$	65	94	115	171	89

Таким образом, изучая изменение МШ от N , можно оценивать интенсивность процесса накопления усталостной повреждаемости металла сплава ВНС-2 при циклическом нагружении, а также определять момент наступления критической стадии, соответствующей предразрушению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудяк, В. М. Эффект Баркгаузена / В. М. Рудяк // Успехи физических наук. – 1970. – Т. 101. – № 3. – С. 429–462.
2. Бусько, В. Н. Установка для исследования усталостной деградации стали / В. Н. Бусько, В. Л. Венгринович, Д. А. Винтов // Приборостроение-2011: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 16-18 ноября 2011. – С. 41–42.

УДК 624.01 ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

С. В. ДАНИЛОВ, А. М. РОВСКИЙ, Д. В. ВОРОНИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Выбор опалубки и технологии опалубочных работ при усилении железобетонных колонн производится из условия обеспечения заданных сроков или темпов ремонтно-восстановительных работ при минимальном количестве опалубки и должен обеспечивать нормируемые показатели качества усиливаемой колонны. При этом следует учитывать экономические показатели опалубки и технические возможности строительной организации. Рекомендуется использовать специализированные опалубочные системы заводского изготовления, обеспечивающие многократную оборачиваемость и поставляемые комплектно.

Из проведенного анализа технической литературы и действующих ТНПА, для восстановления и усиления железобетонных колонн наиболее предпочтительно применять следующие опалубочные системы: инвентарную мелкощитовую опалубку МОДОСТР-КОМБИ; инвентарную веерную опалубку системы «МОДОСТР»; инвентарную опалубку круглых колонн системы «МОДОСТР»; неинвентарную разборно-переставную мелкощитовую опалубку; неинвентарную несъемную опалубку круглого и прямоугольного сечения.

При применении опалубки из щитов МОДОСТР-КОМБИ, щиты опалубки объединяют угловыми элементами и замками в неразъемные блоки. В двух (взаимно перпендикулярных плоскостях) устанавливаются регулируемые подкосы и подпятники. Крепление подпятников к перекрытию производят анкерами. Монтаж элементов опалубки из щитов МОДОСТР-КОМБИ может выполняться с использованием кранов, лебедок, подъемников или вручную.

Для восстановления и усиления железобетонных колонн с высоким качеством лицевой поверхности предпочтительно применять веерную опалубку колонн системы «МОДОСТР». Данная опалубка универсальная, позволяет усиливать колонны сечением от 200×200 мм до 600×600 мм с шагом 50 мм. Веерная опалубка для усиления колонн системы «МОДОСТР» состоит из четырех щитов, соединенных замками. Выверку и закрепление опалубки в вертикальной плоскости выполняют регулируемы подкосами. Монтаж опалубки рекомендуется производить Г-образными панелями с помощью съемных монтажных захватов краном или подъемниками.

При восстановлении и усилении железобетонных колонн возможно применение опалубки круглых колонн системы «МОДОСТР», которая состоит из двух сегментов металлической трубы, соединяемых специальными винтовыми замками, при диаметре усиливаемых колонн 400 и 500 мм. Высота сегментов достигает 3 м. Выверка и закрепление опалубки производится регулируемыми подкосами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Наращивание опалубки по высоте производят сегментами на фланцевых соединениях с помощью болтов. Монтаж опалубки выполняют с помощью крана.

Для усиления единичных железобетонных колонн и в труднодоступных местах усиливаемой конструкции рекомендуется применять неинвентарную разборно-переставную мелкощитовую опалубку. Установку данной опалубки выполняют вручную. Сборку элементов опалубки следует выполнять ярусами по мере укладки и уплотнения бетонной смеси.

При соответствующем технико-экономическом обосновании рекомендуется применять неинвентарную несъемную опалубку круглого или прямоугольного сечения.

В качестве несъемной опалубки круглого сечения для усиления железобетонных колонн можно применять сантехнические асбестоцементные либо пластиковые трубы, разделенные на сегменты и соединенные при установке с помощью сжимных хомутов и струбцин.

При использовании несъемной опалубки прямоугольного сечения можно использовать плоские асбестоцементные листы и армоцементные плиты, увязанные между собой хомутами, скобами и другими соединительными элементами.

Независимо от применяемой опалубочной системы необходимо соблюдать следующие требования: опалубка должна иметь необходимую прочность, жесткость и неизменяемость под воздействием технологических нагрузок и малую адгезию с бетоном; опалубка должна обеспечивать заданную точность размеров конструкций, а также правильность положения сооружения в пространстве; не препятствовать удобству установки арматуры, укладке и утеплению бетонной смеси.

Поверхность палубы, соприкасающаяся с бетоном, перед бетонированием должна быть смазана для уменьшения адгезии с бетоном. Для защиты наружной поверхности опалубки от зарастания бетоном и облегчения очистки, смонтированную опалубку снаружи следует также покрывать антиадгезионной смазкой.

Демонтаж опалубки должен производиться в соответствии с требованиями, установленными в ППР, но при прочности бетона не ниже 50 % от проектной. Распалубка должна производиться способами, исключающими повреждение поверхности бетона от усиленной колонны. Демонтаж опалубки следует производить только после ее предварительного отрыва от бетона.

УДК 620.179.14/15/147
ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ СПЛАВА ВНС-2
МЕТОДОМ МАГНИТНЫХ ШУМОВ

В. Н. БУСЬКО, В. Л. ВЕНГРИНОВИЧ, Д. А. ВИНТОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Исследование усталостных процессов с целью оценки состояния материалов относится к важнейшим задачам неразрушающего контроля, т.к. прочность изделий и жесткость конструкций, в основном, определяются усталостью. Среди методов неразрушающего контроля (НК) усталости в ферромагнетиках можно выделить магнитный метод эффекта Баркгаузена (МЭБ), обладающий рядом особенностей, связанных с доменным уровнем получаемой от объекта информации [1]. Информативные параметры МЭБ обладают высокой чувствительностью к изменению структурно-напряженного состояния (СНС) материала, которое сопровождает и обуславливает процесс накопления усталостной повреждаемости (УП). Основная задача исследований процесса УП с помощью МЭБ – изучение и выявление закономерностей изменений магнитного шума (МШ) в результате накопления УП в процессе циклических нагружений образца. Цель исследований – создание метода НК усталости и прогнозирования разрушения на основе определения количества циклов нагружения материала, являющегося его критерием прочности. В качестве объекта исследований использовался высокопрочный сплав ВНС-2 (08X15H5D2T), относящийся к мартенситно-стареющему классу ферромагнитных материалов, обладающий повышенной прочностью и выносливостью благодаря содержанию в нем титана и алюминия.

Многоцикловые испытания образца размером 70x30x2 мм производились в упругой и неупругой области при амплитудах напряжений $\sigma = \pm 600$ МПа (упругая область) и ± 1700 МПа (область пластических деформаций) с помощью установки [2]. Максимальное число циклов нагружений образца составляло: $N = 1,409 \times 10^7$. Средняя частота (ν) циклирования составляла 11,7 Гц и была постоянной на всем протяжении многоцикловых испытаний. Изменения СНС образца (с обеих сторон) регистрировались с помощью прибора Интроскан, измеряющего интенсивность (U) МШ при амплитуде магнитного поля перемагничивания в ПБ, равной $H = 80$ А/м, частоте перемагничивания ПБ $f = 120$ Гц и полосе частот анализа МШ $F = 20 \div 200$ кГц. Измерение U производилось ступенчато: после каждого циклирования путем установки ПБ в зону наиболее вероятного образования усталостных трещин; при ортогональных-относительно центральной оси образца положениях ПБ. Анализ результатов основывался на изучении зависимостей (и их трендов) U от N , определении амплитуды сигнала, начала, окончания и длительностей стадий упрочнения, разупрочнения, а также критического значения N .

А. Н. ЕКИМЕНКО, С. Н. КОЛДАЕВА, О. Ю. КОЛДАЕВ
«ИНСТИТУТ ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»
Гомель, Беларусь

женности поля остаточной намагниченности: после воздействия намагничивающего импульса наблюдается некоторое незначительное увеличение ∇H_r , после этого происходит его резкое возрастание при температурах закали 1170 и 1200 °С, а затем резкий спад. Последующее воздействие размагничивающего импульса изменяет вид кривой зависимости градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, однако её неоднозначный характер сохраняется вне зависимости от величины амплитуды размагничивающего импульса.

Изменение градиента ∇H_r в зависимости от температуры отпуска (рис. 1, б) после воздействия намагничивающего импульса имеет однозначный вид и характеризуется высокой чувствительностью. Следовательно, градиент ∇H_r может быть рекомендован в качестве информативного параметра при контроле качества отпуска стали Р6М5. Введение размагничивания изменяет вид кривой зависимости градиента от температуры отпуска и уменьшает чувствительность градиента ∇H_r к изменению температуры отпуска.

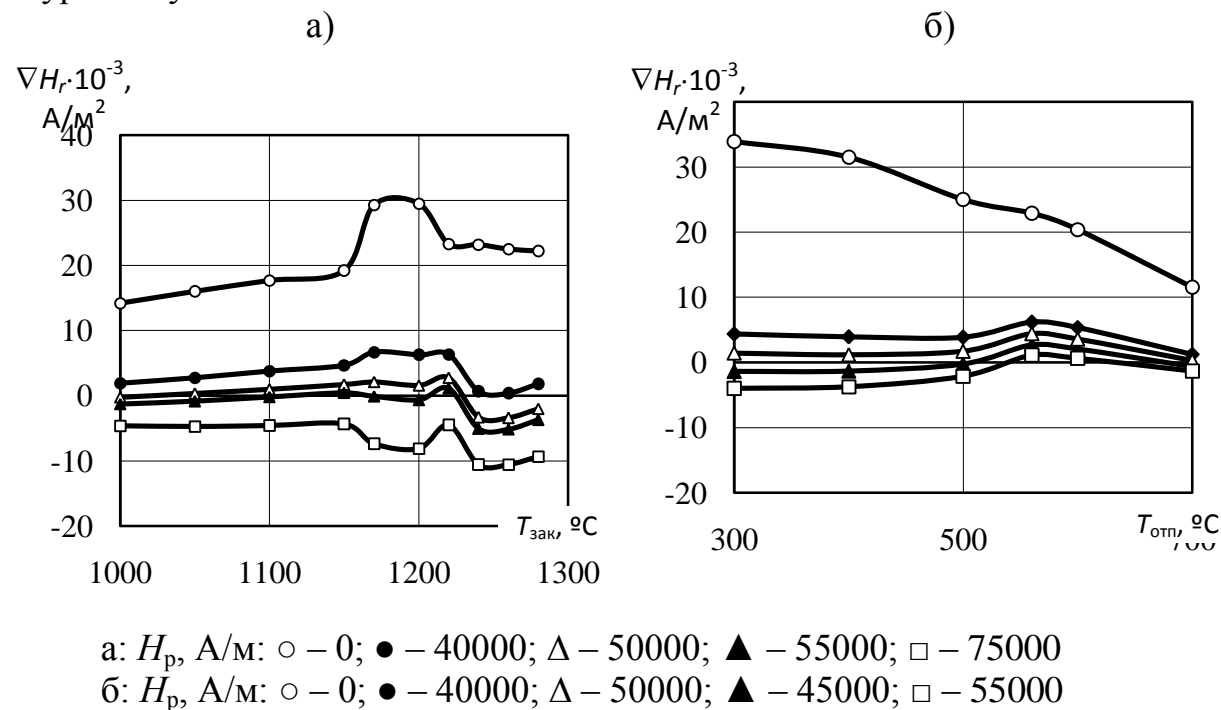


Рис. 1. Зависимость градиента нормальной составляющей напряженности остаточной намагниченности образцов из стали Р5М6 от температуры закали с последующим отпуском при 560 °С (а) и от температуры отпуска (б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М. : Metallurgiya, 1968. – 568 с.
2. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.

В Институте инновационных исследований впервые в мире разработан способ изготовления высокопрочных погонажных изделий из высоконаполненных (до 80 %) реактопластов методом плунжерной экструзии (ПЭ) с одновременным армированием их гибкими элементами непрерывной длины из стальной проволоки или троса. Способ позволяет перерабатывать композиты в погонажные изделия, обладающие высокими показателями прочности, ударной вязкости и износостойкости, для применения их в строительстве, химической, горнодобывающей промышленности, сельском хозяйстве, металлургии. Такие изделия необходимы для производства деталей приводов сельхозтехники, роликов ленточных конвейеров, подвесных трубопроводов для химически активных сред с увеличенной длиной пролета, обладающие повышенной прочностью на разрыв, сгиб и кручение, высокой износостойкостью и ударной вязкостью.

Так, разработанный авторами композит Стеклоуглепласт содержит в своем составе, масс. %: отходов бесщелочного стекловолокна 50–62, углеродного волокна 5–10, фенолформальдегидной смолы по сухому остатку 30, модифицирующих добавок 10–15. Композит Базальтопласт включает в своем составе, масс. %: измельченных отходов базальтового волокна 56–68, полиоксидазольного 2–5, фенолформальдегидной смолы по сухому остатку 25–27, модифицирующих добавок 5–12.

При переработке Стеклоуглепласта и Базальтоуглепласта в трубы наружным диаметром 159 мм и внутренним 139 мм, методом ПЭ были получены изделия со следующими показателями прочности: трубы из Стеклоуглепласта – ударной вязкостью 30–35 кДж/м², прочностью при статическом изгибе 130–150 МПа; трубы из Базальтоуглепласта – ударной вязкостью 35–40 кДж/м², прочностью при сжатии 180–195 МПа, при статическом изгибе 120–135 МПа. При переработке Базальтопласта разработанным методом ПЭ с одновременным армированием гибкой стальной проволокой или тросом диаметром 1,5–2,5 мм, прочность труб резко увеличилась, например, прочность при растяжении составила 180–230 МПа.

Достигнутый эффект обуславливается следующими факторами: конструкция экструдера позволяет осуществить предварительное натяжение

гибких армирующих элементов и реализовать заданное расположение их в объеме формируемого изделия, обеспечивающее максимальный армирующий эффект в требуемом направлении (направлениях) приложения основных нагрузок, действующих на деталь при эксплуатации.

Для переработки отходов путаных волокон и нитей различного типа в армирующий наполнитель авторами была разработана специальная установка, сконструированная таким образом, что позволяет перерабатывать ковер из путанки различной толщины, плотности и степени запутанности в отрезки заданных геометрических размеров, оптимальных для использования в качестве армирующего наполнителя. Для регулирования степени измельчения материала подбираются соответствующей длины набранные секции отрезных ножей особой формы и пластин, с помощью которых эти ножи крепятся на траверсе.

Предложенная установка позволяет вовлечь в повторное производство многочисленные отходы волокон, которые ранее использовались как упаковочный материал или вывозились на свалки, засоряя значительные площади.

УДК 620.179.14

О ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛИ Р6М5 ПРИБОРОМ ИМА-6

В. А. БУРАК

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Быстрорежущие стали, к которым относится сталь Р6М5, применяют для режущих инструментов, работающих в условиях значительного нагружения и нагрева рабочих кромок. Поэтому они должны обладать высокой теплоустойчивостью, высокой твердостью и повышенным сопротивлением пластической деформации. Механические и эксплуатационные свойства быстрорежущих сталей определяются как составом, так и технологическими параметрами термообработки. Высокая температура нагрева под закалку (1200–1300 °С) необходима для наиболее полного растворения в аустените специальных карбидов. Классическим отпуском для сталей с карбидным упрочнением считается трёхкратный отпуск при 550–570 °С, при этом для стали Р6М5 считается достаточным и двукратный отпуск [1].

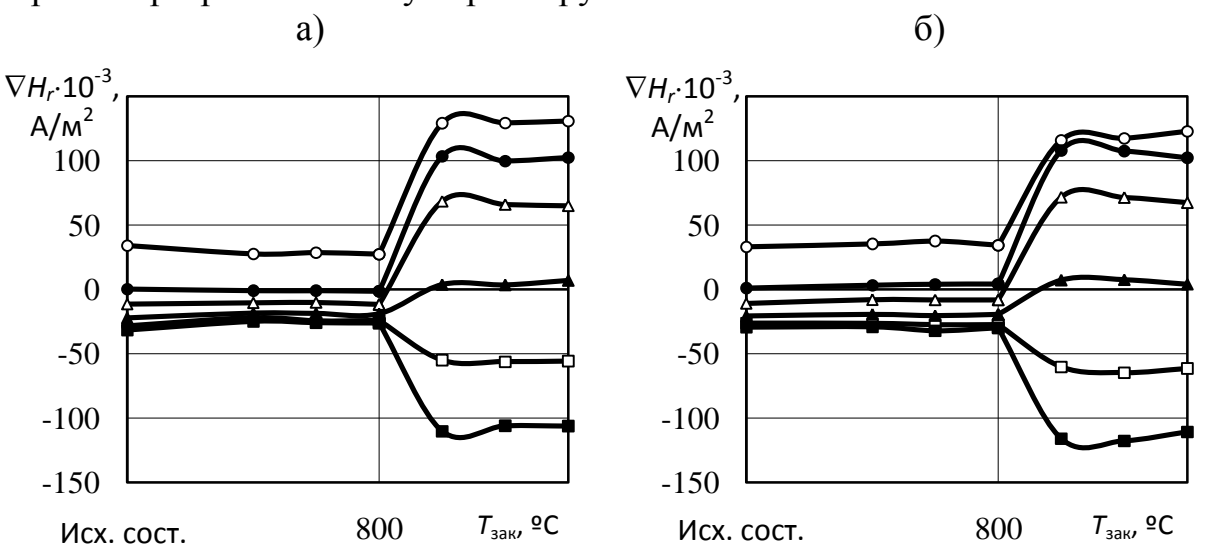
Исследовались образцы из стали Р6М5 в виде колец с наружным диаметром 17 мм, внутренним диаметром 13 мм и высотой 10 мм. Для получения различной структуры образцы закачивались с температур 1000, 1050, 1100, 1150, 1170, 1200, 1220, 1240, 1260 и 1280 °С, с выдержкой 30 секунд и охлаждались в растворе соли, а затем подвергались трехкратному отпуску при 560 °С в течение 1 часа. Для получения различных прочностных свойств образцы подвергались закалке при температуре 1225 °С в течение 30 секунд с охлаждением в растворе соли, а затем однократно отпускались при температурах 300, 400, 500, 560, 600 и 700 °С с выдержкой 1 час.

Исследования проводились на приборе ИМА-6 [2]. Образцы из стали Р6М5 сначала намагничивались одним импульсом магнитного поля амплитудой $250 \cdot 10^3$ А/м, а затем размагничивались импульсом, амплитуда которого выбиралась такой, чтобы после воздействия намагничивающего и последующего размагничивающего импульсов на образцах, подвергнутых закалке или отпуску при максимальной либо при минимальной из рассматриваемых температур, и образцах, закаленных и отпущенных при температурах, рекомендованных для термообработки нормативными документами, градиент ∇H_z нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности был равен нулю либо был максимально близок к нулевому значению. Все образцы предварительно размагничивались.

Изменение величины градиента ∇H_z с изменением температуры закали (рис. 1, а) носит неоднозначный характер. Для градиента ∇H_z напря-

дистых сталях является мартенсит, его появление вызывает резкий рост величины градиента напряженности остаточной намагниченности: в 3-4 раза для величины градиента остаточного поля после воздействия только намагничивающего импульса. Для величины градиента напряженности поля остаточной намагниченности после воздействия намагничивающего и размагничивающего импульсов величина изменения ∇H_r уменьшается и при амплитуде, при которой достигается размагничивание образца, закаленного при максимальной из представленных температур, это изменение минимально. При дальнейшем увеличении амплитуды размагничивающего импульса изменение величины градиента напряженности поля остаточной намагниченности становится заметнее и уже при амплитуде размагничивающего импульса, равной $150 \cdot 10^3$ А/м, составляет 300 %.

Таким образом, контроль недогрева под закалку, при котором не происходит мартенситных превращений в структуре образцов из углеродистых инструментальных сталей, можно проследить по величине градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности после воздействия только намагничивающего импульса, однако контроль перегрева по этому параметру невозможен.



$H_p, \text{ A/m: } \circ - 0; \bullet - 25000; \Delta - 40000; \blacktriangle - 65000; \square - 100000; \blacksquare - 150000$

Рис. 1. Зависимость градиента нормальной составляющей напряженности остаточной намагниченности над поверхностью образцов из углеродистых инструментальных сталей У8А (а) и У10А (б) от температуры закалки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М. : Metallurgia, 1968. – 568 с.
2. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.

УДК 674.8-41

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ЖУК, А. В. КАЛИТА, Е. А. ДЕРКАЧ

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

В середине 2011 года в г. Бресте введен в эксплуатацию завод по производству элементов несъемной опалубки для жилищного и гражданского строительства, включающий в себя 2 цеха: по производству стеновых панелей и по изготовлению панелей перекрытий и армокаркасов. На заводе используется технология несъемной опалубки австрийской фирмы VST Group, работающей на территории Евросоюза более 20 лет. Технология несъемной опалубки VST представляет собой один из способов монолитного строительства с оболочкой, формообразующая опалубка которой состоит из цементно-стружечных плит (ЦСП), остающихся в железобетонной конструкции в качестве стационарной опалубки. Данная технология имеет неоспоримые плюсы: отвечает любым дизайнерским и техническим требованиям; позволяет свести к минимуму отделочные работы; удешевить строительство; обеспечить нормальный температурно-влажностный режим в помещениях.

Цементно-стружечные плиты – листовый материал, специально разработанный для строительства, обладающий рядом положительных свойств: достаточно прочный, в значительной степени атмосферостойкий и огнестойкий, не поддается разрушающим воздействиям древесных грибов, не токсичный, хорошо обрабатывается дереворежущим инструментом и сравнительно легко поддается отделке. ЦСП имеют объемную массу 1100–1400 кг/м³, размеры листов 1,2 (1,25) x 3,2 (3,6) м и толщину 8–40 мм. Для изготовления цементно-стружечных плит используют портландцемент (65 %), древесную стружку (24 %), воду (8,5 %), химические добавки (2,5 %).

В рамках договора о творческом сотрудничестве с ОАО «Строительный трест № 8», с целью определения поставщика ЦСП (цементно-стружечные плиты в нашей республике не производятся), были выполнены работы по определению основных физико-механических характеристик плит толщиной 24 мм двух российских заводов – ЗАО «Тамак» и ООО «ЦСП-Свирь».

Для испытания физико-механических свойств из каждой отобранной плиты были вырезаны образцы, размеры и число которых соответствуют указаниям [1]. Прочность плит при изгибе определялась с использованием

испытательного устройства по [1], прикрепленного к нижнему и верхнему захватам испытательной машины МР-0.5-1. Время действия равномерно возрастающей нагрузки на образец плиты до полного его разрушения составило 80–100 с. Результаты физических и механических испытаний ЦСП обрабатывались методом математической статистики [2], исходя из нормального закона распределения экспериментальных данных.

Результаты исследований ЦСП представлены в табл. 1.

Табл. 1. Показатели физико-механических свойств ЦСП

Наименование показателя	Значение для плит		
	ЗАО «Тамак»	ООО «ЦСП-Свирь»	ГОСТ 26816-86
Плотность, кг/м ³	1379	1373	1100-1400
Влажность, %	10,10	9,90	9±3
Разбухание по толщине за 24 часа, %	0,23	0,36	2,00
Водопоглощение за 24 часа, %	5,80	7,10	16,00
Прочность при изгибе, МПа	9,60	11,05	8,00

Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных показал, что основные физико-механические характеристики ЦСП заводов ЗАО «Тамак» и ООО «ЦСП-Свирь» соответствуют требованиям ГОСТ 26816-86 и могут быть рекомендованы к использованию в элементах несъемной опалубки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плиты цементностружечные. Технические условия. ГОСТ 26816-86. – Введ 01.07.86. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 16 с.
2. Рекомендации по методам испытаний древесных плит для строительства. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1985. – 49 с.

УДК 620.179.14 ИМПУЛЬСНЫЙ МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАКАЛКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

В. А. БУРАК

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Инструментальные углеродистые стали широко применяются для изготовления различного измерительного и режущего инструмента, работающего в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки, например, гладких калибров, топоров, стамесок, долот, пил. Эксплуатационные свойства этих марок сталей (высокая твердость режущей кромки, износостойкость, прочность) определяются их назначением и зависят как от химического состава, так и от соблюдения режима термической обработки – закалки и последующего низкотемпературного отпуска, снимающего большую часть закалочных напряжений [1]. Так как потребительские качества изделий из инструментальных углеродистых сталей зависят от качества их термообработки, то решение задачи контроля температуры закалки (в первую очередь) и отпуска требует повышенного внимания.

Исследования влияния температуры закалки на изделия из углеродистых инструментальных сталей проводились на образцах цилиндрической формы длиной 200 мм и диаметром 10 мм, изготовленных из эвтектоидной стали У8А и заэвтектоидной стали У10А. Образцы подвергались закалке при температурах $T_{зак}$, равных 700, 780, 800, 850, 900 и 950 °С, в среде, защищающей металл от обезуглероживания. Время выдержки образцов, при каждой из перечисленных температур, составляло 20 минут, а их охлаждение проводилось в воде. Такая температура закалки обеспечивает получение разной структуры металла в исследуемых образцах.

Импульсное намагничивание и измерение градиента ∇H_r нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности образцов из исследуемых марок сталей производилось прибором ИМА-6 [2]. Образцы из сталей У8А и У10А намагничивались одним импульсом с амплитудой, равной $250 \cdot 10^3$ А/м, а затем размагничивались в противоположном направлении импульсом с амплитудой, которая менялась от $25 \cdot 10^3$ до $150 \cdot 10^3$ А/м. Все образцы перед исследованиями предварительно размагничивались.

Анализ результатов измерений зависимостей градиента ∇H_r образцов из углеродистых инструментальных сталей У8А и У10А от температуры закалки, представленных на рис. 1, позволяет говорить о том, что его величина зависит от структурного состояния. Так, при температурах закалки выше 800 °С основной фазовой структурой в инструментальных углеро-

Как сказано выше, качество электротехнического оборудования, в том числе уровень его технических характеристик, зависит от качества составляющих его компонентов, в том числе, например, от состояния обмоток или магнитопроводов. В этой связи представляется перспективным проводить диагностирование указанного оборудования через анализ информации, получаемой при измерении основных параметров, которые являются «отражением» технического состояния изделия и его компонентов. Исходя из этого, в Институте прикладной физики НАН Беларуси в результате исследований получила развитие соответствующая методология испытаний силовых трансформаторов. Она предполагает измерение и расчет основных параметров силовых трансформаторов в режиме холостого хода, таких как значения токов холостого хода по трем фазам с гармоническим анализом соответствующих кривых тока, значения фазных напряжений, значения активной, реактивной и полной мощности по трем фазам, значения углов сдвига фаз между током и напряжением по каждой фазе, значения высокочастотной составляющей в кривой тока по каждой фазе и др. При этом проводится анализ динамики изменения значений указанных параметров трансформаторов при их периодических испытаниях в условиях эксплуатации и соотношений между их значениями. В работе рассматриваются особенности разработанной методики, позволяющей при анализе результатов испытаний идентифицировать влияние на измеряемые параметры таких дефектов в изделии, как витковые замыкания, зазор между частями витого магнитопровода и др. Совокупность, получаемых в результате данных, содержит объективную информацию, на основе анализа которой можно судить о техническом состоянии изделия. Описанная методология испытаний силовых трансформаторов реализована в приборе ДСТ-1М (рис. 2), внесенном в Государственный реестр измерительных приборов Республики Беларусь.



Рис. 2. Прибор ДСТ-1М для испытания силовых трансформаторов

Он позволяет проводить испытания силовых трансформаторов в условиях эксплуатации, например, в линиях электроснабжения железной дороги, а также при приемо-сдаточных испытаниях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peelo, D. F. et al., A Value Based Methodology for Selecting On-line Condition Monitoring of Substation Power Equipment / D. F. Peelo // EPRI Substation Equipment Diagnostic – Conference V, New Orleans, Louisiana, Feb. 17, 1997.
2. An International Survey on Failures of Large Power Transformers in Service // CIGRE Working Group 12.05. – Electra, No.88, January 1983.

УДК 624.072.011.1

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЛОКА ИЗ ДВУХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ ФЕРМ С СОСТАВНЫМ ВЕРХНИМ ПОЯСОМ ИЗ ДОСОК

В. В. ЖУК, И. Г. ЛАСКЕВИЧ

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

В течение 2012 года сельхозорганизации агропромышленного комплекса Брестской области за счет собственных средств должны реконструировать и модернизировать хотя бы одну из молочно-товарных ферм – в общей сложности 228 объектов. Очевидно, снизить стоимость строительства позволит и применение конструкций, изготовленных из местных материалов, например, древесины, обладающей целым рядом положительных свойств.

На кафедре строительных конструкций разработана и в мастерских ПМК-6 объединения «Брестоблсельстрой» изготовлена металлодеревянная ферма пролетом 8,56 м с составным верхним поясом из досок. Ферма предназначена для использования в качестве несущей конструкции под кровлю из штучных кровельных материалов (асбестоцементных волнистых листов, металлочерепицы и т.п.) в покрытиях крайних пролетов кровельных пролетом 21 (7,5+6,0+7,5) м. Ферма включает деревянный составной по длине и ширине верхний пояс из досок, нижний пояс из арматуры периодического профиля и две деревянные стойки из бруса.

С целью оценки деформативности испытаниям кратковременной нагрузкой был подвергнут связевой блок, образованный двумя металлодеревянными фермами (рис.1).

Испытания на поперечный изгиб проводились в соответствии с [1, 2].

Во время испытаний соблюдались следующие условия: схема нагружения оставалась постоянной до момента приложения нагрузки, равной 2,1 нормативной; нагрузка прикладывалась ступенями, равными (0,16-0,17) от нормативной; после приложения каждой ступени нагрузки конструкция выдерживалась в течение 5 минут; показания прогибов фиксировались дважды: сразу же после нагружения до очередной ступени и после выдержки, в строгой последовательности. В процессе испытаний вертикальные перемещения замеряли прогибомерами ПАО-6 точноностью 0,01 мм, установленными в узлах крепления стоек и на опорах.



Рис. 1. Блок из двух металлодеревянных ферм на испытаниях

По результатам испытаний и предварительного анализа деформативного состояния блока из металлодеревянных ферм можно сделать следующие выводы:

- разработанная металлодеревянная ферма обладает достаточной жесткостью – максимальные деформации узлов по вертикали составили 16,69 мм, что меньше величины строительного подъема, равной 20 мм;
- имеются резервы для снижения расхода древесины и металла конструктивных элементов фермы.

Представленные результаты испытания связевого блока из металлодеревянных ферм являются промежуточными. В настоящее время выполняется обработка результатов тензометрических исследований с целью определения напряженного состояния элементов металлодеревянных ферм, образующих связевой блок. Для оценки влияния длительно действующей нагрузки на напряженно-деформированное состояние ферм связевой блок оставлен под нагрузкой до затухания деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1976. – 28 с.
2. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1980. – 40 с.

УДК 621.317 О ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ

И. И. БРАНОВИЦКИЙ, Г. И. РАЗМЫСЛОВИЧ, П. Д. МАЦКЕВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Средняя выработка ресурса электротехнического оборудования, эксплуатируемого на предприятиях Республики Беларусь, составляет по оценкам специалистов 60–70 % и более.

Наличие дефектов, например, в магнитопроводах или обмотках приводит к ухудшению технических характеристик электрооборудования и, как правило, к значительному снижению надежности его работы. Одним из наиболее распространенных дефектов в обмотках являются витковые замыкания [1, 2]. Их появление связано обычно с разрушением изоляции, вызванном, в основном, условиями эксплуатации. Авторами проведены исследования влияния короткозамкнутых витков в обмотках на магнитные и электрические процессы в электрооборудовании. В том числе исследовано влияние магнитных полей, обусловленных короткозамкнутыми витками, на такие магнитные характеристики, как основная кривая намагничивания, динамические петли гистерезиса и их параметры, удельные магнитные потери материала магнитопровода и др., а также на переходные процессы в обмотках электрооборудования. По результатам исследований разработан прибор для обнаружения межвитковых замыканий ДО-1 (рис. 1).



Рис. 1. Прибор ДО-1 для испытания обмоток электротехнического оборудования

Данный прибор позволяет осуществлять диагностирование обмоток (наличие замыканий межвитковых, на корпус, обрывов, испытание изоляции) в одно- и трехфазных электродвигателях, генераторах и другом электрооборудовании. Его работа основана на анализе переходных процессов в обмотках с использованием эталонных кривых затухающих колебаний, записанных в память прибора. Прибор не требует использования физических эталонов, может быть востребован для диагностирования обмоток в изделиях широкой номенклатуры.

И. И. БРАНОВИЦКИЙ, П. Д. МАЦКЕВИЧ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Методология приёмо-сдаточных испытаний электрических машин основывается на сравнении измеренных значений их параметров с предельно допустимыми при различных режимах работы. В процессе испытаний машины измеряется и анализируется комплекс ее параметров, что требует использования современных технических средств, которые позволяют осуществлять программную процедуру измерения и анализа. При этом, в соответствии с нормативной документацией (ГОСТ 11828-86), измеряются следующие параметры электрической машины:

- токи и напряжения в обмотках якоря (постоянный ток и напряжение постоянного тока);
- токи и напряжения в обмотке возбуждения (импульсные токи и напряжения);
- температура подшипников вращения;
- вибрационная скорость корпуса электрической машины в вертикальном направлении;
- скорость вращения вала электрической машины и др.

Рассмотрим следующие режимы испытания.

1. Стартерный режим: режим трогания; режим прокрутки.

2. Генераторный режим: номинальный режим при минимальной скорости вращения; номинальный режим при максимальной скорости вращения; проверка коммутации при полуторократном токе и минимальной скорости вращения; проверка коммутации при полуторократном токе и максимальной скорости вращения; повышенная скорость вращения и др.

В работе рассматриваются результаты исследований по развитию методов измерения указанных выше параметров (в частности, численных методов измерения средних за период импульсных напряжений и токов) в широком диапазоне их значений, обеспечивших необходимую точность.

По результатам исследований разработан и метрологически аттестован прибор ИПЭМ (рис. 1) для испытания электрических машин. Прибор может работать в автономном режиме и с ПЭВМ, результаты отображаются в цифровой и графической форме, а также формируется электронный протокол испытаний.



Рис. 1. Прибор ИПЭМ для испытания электрических машин постоянного тока

С. В. ИГНАТОВ

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

При выполнении инъекционных свай и анкеров, а также при цементационном упрочнении грунтов оснований происходит опрессовка окружающего грунтового массива. Это ведет к увеличению плотности его сложения, угла внутреннего трения и сцепления. Для определения влияния опрессовки на окружающий грунт автором были выполнены лабораторные исследования. Целью данных исследований было определение изменения физических и механических характеристик околосвайного грунта не только в пространстве, но и во времени. Для лабораторных опытов использовались пески средней крупности и супесь пылеватая.

При проведении опытов по изучению изменчивости свойств грунтов, за счет инъекции цементного раствора в скважины, использовались цилиндрические емкости диаметром 750 мм и высотой 0,9 метра с начальным диаметром скважины 110 мм. Давление инъекции, замеряемое на инъекционном оборудовании, составляло 0,15 МПа.

Изменение прочностных характеристик оценивалось по сопротивлению грунта динамическому зондированию. Опытное зондирование проводилось на 7, 14 и 28 сутки после выполнения инъекции, шаг зондирования в направлении от оси скважины составлял 50 мм, по глубине – 150 мм. По полученным значениям удельного сопротивления погружению зонда согласно [1] определялось изменение угла внутреннего трения и сцепления.

Выполненные опытные работы показали, что сопротивление грунтов динамическому зондированию: возрастало с увеличением времени от момента инъектирования и уменьшалось в радиальном направлении от оси заинъектированного тела. Для глинистых грунтов увеличение сопротивлению зондированию также увеличивается к центру инъекционного тела (рис. 1). Это обусловлено изменением показателя консистенции околосвайного пространства за счет изменения влажности в исследуемом объеме грунта.

В соответствии с [1] при увеличении сопротивления зондированию происходит и увеличение прочностных характеристик грунта (угла внутреннего трения и сцепления).

Так, при изменении условного динамического сопротивления супеси пылеватой с 3,6 мПа на седьмые сутки до 5,6 мПа на 28 сутки, угол внутреннего трения изменяется с 27° до 28°, а удельное сцепление с 30 кПа до 35 кПа. Условное динамическое сопротивление супеси в радиальном на-

правлении на 28 сутки в уровне центра заинъекционированного тела изменяется с 9 МПа (на границе инъекционного тела) до 6,0 мПа на удалении от него. Данному изменению соответствует уменьшение угла внутреннего трения с 29° до 28° , удельного сцепления – с 40 кПа до 36 кПа. Увеличение сопротивления динамическому зондированию для супеси пылеватой в период 7–28 суток, после устройства инъекционного тела соответствует характеру изменения показателя текучести.

Изменение условного динамического сопротивления песка среднего на границе инъекционного тела в период 7–14 суток составляет не более 0,5 МПа, что говорит о стабилизированном состоянии и о постоянном значении угла внутреннего трения и сцепления. Однако в радиальном направлении происходит существенное снижение сопротивления динамическому зондированию: с 6 МПа на границе инъекционного тела до 3,0 МПа на расстоянии 250 мм. При этом происходит уменьшение угла внутреннего трения с $35,5^\circ$ до 33° , а сцепления с 1,2 кПа до 0,0 кПа.

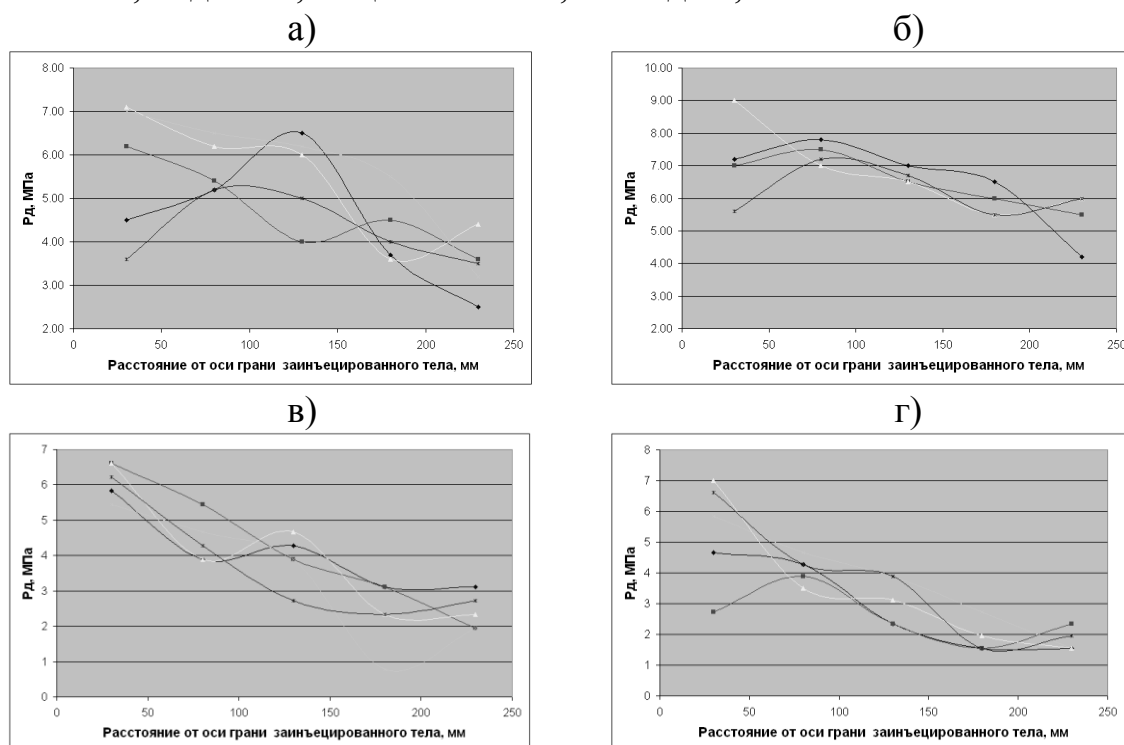


Рис. 1. Изменение условного динамического сопротивления грунта: а, б) супесь пылеватая через 7 и 28 суток; в, г) песок средний через 7 и 14 суток соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования. Правила определения: ТКП 45–5.01–17–2006 (02250). – Введ. 03.03.2006. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 20 с.

на 5, период которой равен половине длины волны в волноводе λ_B . Так как в работе используется одномодовый диэлектрический СВЧ-волновод, в котором электромагнитная волна распространяется в виде основной моды с эффективным показателем преломления $n_{эф}$, то вблизи поверхности волновода также образуется стоячая волна с тем же периодом, что и в волноводе. Использование в качестве отражателя СВЧ-излучения металлического зеркала приводит к тому, что узел стоячей волны всегда располагается на поверхности зеркала, от которой отражается излучение. Для регистрации распределения излучения в стоячей волне вблизи поверхности волновода устанавливается зонд детекторной секции 6 в такое положение, где наблюдается узел стоячей волны. Этот зонд имеет возможность перемещаться контролируемым образом вдоль продольной оси волновода. Затем между выходным торцом волновода и металлическим зеркалом располагается контролируемый образец 7 с неизвестной диэлектрической проницаемостью ε и известной толщиной d . Он устанавливается таким образом, что одна его поверхность располагается вплотную к выходному торцу волновода, а другая – вплотную к поверхности зеркала. После установки зеркала узлы стоячей волны смещаются в направлении зеркала на расстояние ΔL , которое измеряется перемещением зонда в новое положение 7. Оптический путь, проходимой СВЧ-волной по волноводу на расстоянии ΔL , равен оптическому пути проходимой волной через контролируемый образец, из чего определяется расчетная формула для неизвестной диэлектрической проницаемости

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta L \cdot n_{эф}}{d} \right)^2.$$

Формула справедлива лишь для слоев, толщина которых не превышает половину длины волны используемого излучения в материале контролируемого образца. Это ограничение связано с тем, что порядок интерференционного минимума, при постановке контролируемого образца в рабочее плечо интерферометра, не должен изменяться.

Были проведены измерения относительной диэлектрической проницаемости полистирола, фторопласта, винипласта, органического стекла и плавленного кварца. Усредненные по 10 независимым измерениям дали следующие результаты:

- для образца из полистирола толщиной 2,7 мм – $\varepsilon=1,86\pm 0,10$;
- для образца из фторопласта толщиной 3,2 мм – $\varepsilon=1,56\pm 0,05$;
- для винипластового образца толщиной 7,7 мм – $\varepsilon=3,01\pm 0,14$;
- для образца из оргстекла толщиной 5 мм – $\varepsilon=3,31\pm 0,09$;
- для образца из плавленного кварца марки КВ толщиной 14 мм – $\varepsilon=4,43\pm 0,02$.

В. И. БОРИСОВ, А. В. КАРПЕНКО

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

Диэлектрические волноводы составляют основу волоконных и интегрально-оптических устройств. Но в задачах радиоволнового неразрушающего контроля диэлектрические волноводы применяются недостаточно, хотя их использование дает возможность расширить методологию такого контроля, что обусловлено тем, что моды таких волноводов представляют собой неоднородные (эванесцентные) волны, которые распространяются не только по диэлектрическому волноводу, но и в воздушной среде, окружающей волновод. Глубина проникновения их в граничную среду порядка длины волны излучения, распространяющегося по волноводу, что при применении электромагнитных волн сантиметрового диапазона позволяет расположить вблизи поверхности волновода различные управляющие и регистрирующие устройства.

В предлагаемой работе приводятся результаты измерения диэлектрической проницаемости некоторых материалов на длине волны 32 мм. Измерения проводились на экспериментальной установке, схема которой приведена на рис. 1.

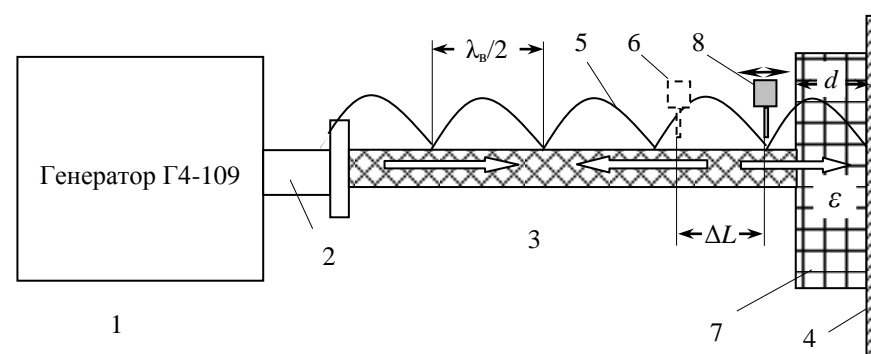


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

СВЧ-излучение от генератора из металлического волновода 2 вводится в одномодовый диэлектрический волновод 3 прямоугольного поперечного сечения размерами 23×10 мм, изготовленный из фторопласта. Пройдя по волноводу 3, волна отражается от плоского алюминиевого зеркала 4, которое изначально устанавливается вплотную к выходному торцу диэлектрического волновода 3. В результате в волноводе образуется стоячая вол-

Ю. А. КАТЬКАЛО, А. С. ТЕРЕЩЕНКО, Е. Н. ПОДСТРЕЛОВА,
Н. В. ТУЛУЕВСКИЙГосударственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Точное соблюдение параметров автомобильной дороги способствует повышению ее устойчивости, долговечности и безопасности движения. Точность параметров в значительной мере достигается и контролируется измерениями в ходе строительства. Современные измерения в дорожном строительстве должны основываться на применении электронных приборов и соответствующих им технологиях. Такие измерения представляются двумя группами задач: разбивочные работы по трассе автомобильной дороги и работы по определению действительных, полученных в результате строительства, геометрических параметров. Эти задачи, решаемые с помощью электронных тахеометров, представлены на рис. 1.

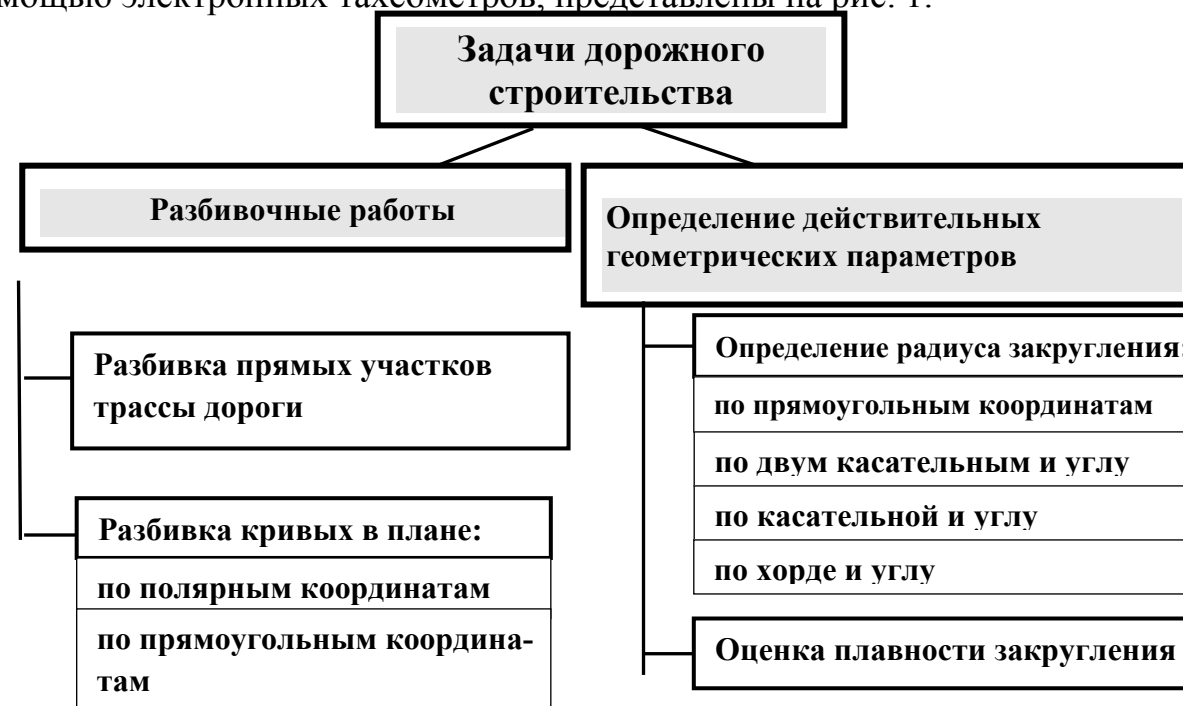


Рис. 1. Задачи дорожного строительства, решаемые с помощью электронного тахеометра

Для разбивки кривых в плане по полярным или прямоугольным координатам используется программное обеспечение электронного тахеометра.

Для определения действительных радиусов закруглений электронными тахеометрами авторами разработано несколько способов: по прямоугольным координатам [1], по двум касательным и углу [2], по касательной и углу [2], по хорде и углу [3]. Описания этих способов и необходимые измерения даны в указанной литературе.

Наличие нескольких способов позволяет определить действительные радиусы закруглений для разных ситуаций из-за возникающих затруднений: стесненные условия местности, ограничение видимости закругления. В табл. 1 даны условия применения этих способов.

Табл. 1 Условия применения способов определения действительных радиусов закруглений электронным тахеометром

Способ определения радиусов	Условия применения способов
По прямоугольным координатам	При обеспечении видимости со станции электронного тахеометра на опорные точки: начало кривой, середина кривой.
По двум касательным и углу	При отсутствии видимости на опорные точки, но видимости большей части (100-400 м) круговой кривой для радиусов закругления 300-3000 м соответственно. Станция электронного тахеометра располагается только с внешней стороны закругления.
По касательной и углу	При невозможности разместить две касательных и видимости части кривой менее величин указанных выше. Станция электронного тахеометра располагается только с внешней стороны закругления.
По хорде и углу	При видимости части круговой кривой длиной 60-190 м при радиусах 300-3000 м соответственно. Станция электронного тахеометра располагается с внешней или внутренней стороны кривой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катькало, Ю. А. Определение радиусов закруглений автомобильных дорог способом прямоугольных координат / Ю. А. Катькало [и др.] // Вестн. МГТУ. – № 1. – 2005. – С. 98–102.

2. Катькало, Ю. А. Современные способы определения радиусов на закруглениях автомобильных дорог / Ю. А. Катькало, Е. Н. Подстрелова, Н. В. Тулуевский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – Ч. 2. – С. 120.

3. Тулуевский, Н. В. Определение электронным тахеометром радиуса закругления дороги по хорде и углу / Н. В. Тулуевский, Ю. А. Катькало, Е. Н. Подстрелова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 1. – С. 262.

в объекте контроля соответственно. Показано, что изменяя β в процессе контроля, представляется возможным расширить его возможности путем трансформации отраженной продольной волны (в МЖ) в другую моду, отличную от базовой.

Проведено исследование акустического тракта измерительной системы, включая влияния состава МЖ, формы и расположения отражателя на параметры зондирующего сигнала. Показано, что коэффициент $\Xi_{МЖ}$ ослабления его, вследствие прохождения УВ через жидкий звукопровод в прямом и обратном направлении и отражения от поверхности ОЗ, является практически линейной функцией концентрации магнетика q . При наличии паразитных факторов (изменчивость структуры материала и микрогеометрии поверхности объекта) наилучшая выявляемость дефектов достигается при расположении ОЗ на минимально возможном расстоянии от дефектной зоны. Эффективность применения методики с использованием такого ОЗ продемонстрирована при контроле предзамковой зоны авиационных лопаток типа ПС 90А.

Контактные отражатели. Работа ОЗ осуществляется путем тесного контакта твердого тела заданной формы с объектом контроля через тонкую контактную смазку толщиной $h \ll \lambda$, где λ – длина ПАВ. На основе известных представлений [1] проведен теоретический анализ прохождения и трансформации ПАВ через зону контакта отражателя с плоской поверхностью, определены коэффициенты прохождения D , отражения R и направленности фронта поля рассеяния волны $\Phi(\alpha)$ в зависимости от геометрии пятна контакта, создаваемого через тонкую жидкую прослойку ОЗ с поверхностью объекта исследования. В результате теоретического анализа и экспериментальных исследований оптимизированы геометрические параметры ОЗ, при которых обеспечивается минимальный шумовой фон, вызванный преимущественно рассеянием волны от ближней границы контакта ОЗ с объектом. Показано, что использование таких ОЗ предпочтительно при проведении контроля физико-механических свойств поверхностного слоя металлоизделий по данным скорости распространения ПАВ или волн Лэмба. Поскольку в этом случае используется режим эхо, то представляется возможным существенно увеличить акустическую базу измерений (по сравнению с известными методами) и проводить измерения на малогабаритных изделиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, К. Е. Влияние нарушения акустического контакта на распространение волн Стоунли вблизи границы твердых полупространств / К. Е. Абакумов, Р. С. Коновалов // Дефектоскопия. – 2008. – № 3. – С. 52–58.

А. Р. БАЕВ, *О. С. СЕРГЕЕВА, Г. Е. КОНОВАЛОВ, В. В. ПАРАДИНЕЦ

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РУССКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Могилев, Беларусь

При проведении ультразвукового контроля (УЗК) твердотельных объектов в режиме «эх» требуется поддержание стабильных условий ввода-приема упругих волн (УВ), что достаточно часто достигается путем использования опорного сигнала P_A , реализуемого, например, при отражении УВ от стенки изделия, отверстия или выступа. Отсутствие отражателей звука (ОЗ) сказывается на надежности и производительности ультразвукового контроля, точности измерений. Для устранения этого недостатка авторами предложено использовать два типа искусственных ОЗ, которые могут быть применены для отражения не только объемных, но и поверхностных, пластинчатых и других мод: I – магнитожидкостные отражатели; II – контактные твердотельные отражатели. Для функционирования ОЗ на поверхность объекта контроля, на фиксированном расстоянии L от источника (приемника) излучения волн, помещается отражающее звук тело, контактирующее с объектом через жидкую звукопроводную среду.

Магнитожидкостные отражатели. В этом случае обеспечение акустического контакта между отражающим звук телом и объектом достигается с помощью магнитной жидкости (МЖ), удерживаемой магнитной системой. В работе проведена разработка некоторых конструкций таких ОЗ и оптимизированы системы удержания МЖ магнитным полем как на ферромагнитных, так и немагнитных объектах, имеющих различный профиль. Отражающая звук поверхность может иметь как положительную кривизну ε , так и отрицательную. В случае, когда поверхность ОЗ сфера ($\varepsilon = \text{const} > 0$), последний является ненаправленным отражателем или рассеивателем звука. Если же $\varepsilon = \text{const} < 0$, то в результате отражения происходит фокусировка продольной волны (трансформированной из зондирующей моды) на поверхность объекта, что в ряде случаев может быть использовано для повышения выявляемости дефектов. Если зондирующая мода ПАВ или волна Лэмба, то угол наклона отражающей звук плоской поверхности β , обеспечивающий максимальный коэффициент отражения УВ. Его вычисляют из условия: $\beta = \arcsin(C_{\text{МЖ}}/C_0)$, где $C_{\text{МЖ}}$, C_0 скорости УВ в МЖ и моды

О. И. КОМАР, С. Н. БЕРЕЗОВСКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

При эксплуатации автомобильных дорог возникает такая проблема, как пучинообразование. Пучины возникают вследствие промерзания грунта и миграции влаги из нижних слоев в зону активного охлаждения.

В процессе исследований были взяты пробы грунта из выбоин на 3-х улицах города Могилёва (ул. Струшня, ул. Романова, ул. Гришина). Далее пробы грунта были проверены в испытательной лаборатории КУП "Могилевоблдорстрой".

Содержание в грунтах пылевидных частиц превышает допустимую норму и изменяется в пределах от 20 до 23 % [1]. Характеристики грунтов по влажности и влагопроводимости представлены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристики грунтов по влажности и влагопроводимости

Тип грунта	w_0 , %	w_1 , %	w_{oc} , %	k_2 , см ² /сут	$k_{\text{кап}}$, см ² /сут
Мелкий песок (ул.Струшня)	12	4	29	1,6	7,9
Мелкий песок (ул.Романова)	19	5	20	1,8	6,6
Супесь (ул.Гришина)	23	8	35	1,7	7

Далее были рассчитаны величины пучений грунтов по формулам проф. Н.А. Пузакова (1–3) [2].

$$h_1 = 3,08 \cdot k_2 \cdot \frac{w_0 - w_1}{\sqrt{a_0}} \cdot \sqrt{T}; \quad (1)$$

$$h_2 = 1,26 \cdot (w_{oc} - w_o) \cdot \sqrt{k_{\text{кан}} \cdot T}; \quad (2)$$

$$h_3 = \frac{2,2 \cdot k_{\text{кан}}}{a_0} \cdot (w_{\text{кан}} - w_o) \cdot (2,31 \cdot \lg \frac{h}{h-z} - z), \quad (3)$$

где w_0 – максимальная молекулярная влажность грунта, доли единицы; w_1 – влага в грунте, не способная к передвижению, доли единицы; $w_{\text{кап}}$ – капиллярная влагоемкость грунта, доли единицы; w_{oc} – начальная осенняя влажность грунта, доли единицы; k_2 – средний коэффициент влагопроводимости, см²/сут; $k_{\text{кан}}$ – коэффициент капиллярной влагопроводимости,

см²/сут; a_0 – параметр, зависящий от физических свойств грунта и климатических особенностей района, см²/сут,

$$a_0 = \frac{z^2}{2 \cdot T}; \quad (4)$$

h – глубина залегания грунтовых вод от поверхности дороги, см; T – продолжительность промерзания грунта, сут; z – наибольшая глубина промерзания, см.

Из проектных данных для улицы Струшняя применима 2-я схема по климатическим характеристикам, для улицы Романова – 1-я схема, для улицы Гришина – 1-я схема.

$$h_{\text{СТРУШНЯ}} = 1,26 \cdot (w_{oc} - w_o) \cdot \sqrt{k_{kan} \cdot T} = 1,26 \cdot (0,29 - 0,12) \cdot \sqrt{7,9 \cdot 120} = 6,6 \text{ см};$$

$$h_{\text{РОМАНОВА}} = 3,08 \cdot k_2 \cdot \frac{w_o - w_1}{\sqrt{a_0}} \cdot \sqrt{T} = 3,08 \cdot 1,8 \cdot \frac{0,19 - 0,05}{\sqrt{67,2}} \cdot \sqrt{120} = 1,04 \text{ см};$$

$$h_{\text{ГРИШИНА}} = 3,08 \cdot k_2 \cdot \frac{w_o - w_1}{\sqrt{a_0}} \cdot \sqrt{T} = 3,08 \cdot 1,7 \cdot \frac{0,23 - 0,08}{\sqrt{67,2}} \cdot \sqrt{120} = 1,1 \text{ см};$$

По результатам видно, что рассчитанная величина пучения значительно превышает допустимые значения. Из этого можно сделать вывод, что грунт, взятый из выбоин не соответствует нормативным требованиям по содержанию в грунтах пылевидных частиц – 20,5 %, 23 %, 22 % при требуемых нормативных значениях 5–10 % [2]. Это связано с тем, что в современном строительстве, чаще всего, используется карьерный песок, который содержит вредные примеси. Рекомендациями по устранению пучин путем получения качественной песчано-гравийной смеси являются:

- отмывка гравийно-песчаной смеси на дробильно-сортировочных заводах;
- разработка обводнённых запасов качественного песка и гравийно-песчаной смеси в карьерах Могилевской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
2. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова. – М. : Транспорт, 1971. – 200 с.
3. **Леонович, И. И.** Дорожная климатология / И. И. Леонович. – Минск : БНТУ, 2005. – 485 с.

ют собой слабонеоднородные среды по отношению к упругим свойствам слоя то, предполагается, что функция распределения смещений или скорости движения частиц в волне по высоте слоя сохраняет подобие. С учетом (1) предложена упрощенная модель, рассматривающая распространение волны в слое ПМС как в волноводе высотой 2λ с эквивалентными параметрами E^* и ρ^* , на основе которых определяется скорость ПАВ:

$$C = \Psi(\mu) \sqrt{\frac{E^*}{\rho^*}}; \quad (2)$$

$$E^* = \left(\frac{1}{2\lambda} \int_0^{2\lambda} \frac{w dz}{w_{\max} E(z)} \right)^{-1}; \quad (3)$$

$$\rho^* = \frac{1}{2\lambda} \int_0^{2\lambda} \rho(z) \frac{w dz}{w_{\max}}, \quad (4)$$

где $\Psi(\mu)$ – параметр, зависящий от коэффициента Пуассона.

Таким образом, глубина ПМС h определяется путем решения обратной задачи (2-4) по данным измерения C и при наличии зависимостей $\Delta E = E - E_0$ и $\Delta \rho = \rho - \rho_0$ от координаты. Необходимо отметить, что поскольку скорость ПАВ обладает дисперсией, то представляется возможным восстановить “профиль закалки” по экспериментально измеренной дисперсионной зависимости $C(\omega)$. Для определения последней предложено использовать метод ударного возбуждения УВ (короткий импульс – широкий спектр) и метод частотного сканирования.

Разработана методика и проведены экспериментальные исследования глубины упрочненного закалкой слоя по данным скорости ПАВ в частотном диапазоне 0,5–5,0 МГц. Определение скорости ПАВ производится с помощью малоапертурных преобразователей, обеспечивающих стабильность акустического контакта и требуемую точность измерений времени прохождения ПАВ акустической базы, составляющей $L=40-50$ мм. В электронном блоке установки, выполненном на базе РС, предусмотрена возможность измерения временного интервала τ с погрешностью не ниже 5 нс и спектрального анализа зондирующего сигнала. В качестве объекта исследования использованы образцы из стали 45 с глубиной упрочненного слоя $h=0-1,6$ мм.

По данным результатов экспериментальных исследований и (2-4), выполнено «восстановление» функции $\Delta B(z)$, точное знание которой позволяет определить искомое значение h . Проведено сравнение, упомянутых выше, методов определения глубины ПМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баев, А. Р.** Ультразвуковой метод анализа поверхностного упрочнения металлических изделий / А. Р. Баев, А. Л. Майоров, М. А. Тищенко // Литье и металлургия. – 2010. – № 4 – С. 167–271.

УДК 620.179.1+531.4
 РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНЫ В ОБЪЕКТАХ С
 ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛАБОНЕОДНОРОДНЫМ
 УПРУГИМ СЛОЕМ

А. Р. БАЕВ, А. Л. МАЙОРОВ, Н. В. ЛЕВКОВИЧ, Н. Н. ГИЛЬ
 Государственное научное учреждение
 «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
 «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 Минск, Беларусь

Среди методов контроля широкого спектра изделий с защитными и упрочняющими (неоднородными) покрытиями весьма перспективны акустические методы, основанные на эффектах распространения упругих волн (УВ), включая их дифрагирование, рассеяние в окрестности нижней границы упрочняющего неоднородного слоя (УНС) $z=h$, дисперсию и другие. УНС представляет собой среду с изменяющимися по высоте z физико-механическими свойствами $\{E, \rho, B, \sigma_{пр} \dots\} = \Xi_i(z)$, где $i=1$ относится к модулю Юнга E , $i=2$ – плотности слоя ρ , $i=3$ - твердости B , $i=4$ - прочности $\sigma_{пр}$, измеренных в окрестности координаты z и т.д. Причем, как показывают исследования [1], Ξ_i хорошо коррелируют с таким акустическим параметром, как скорость поверхностной волны (ПАВ) - C . Отметим, что по отношению к таким свойствам как $\Xi_{A,i} = \{E, \rho, \mu\}$, УНС большого числа объектов (включая металлоизделия) можно считать слабонеоднородными, поскольку, как показывают опытные испытания $\varepsilon_{i,j} = \Delta \Xi_{A,i} / \Xi_{A,i} = \{\Delta C/C, \Delta \mu/\mu, \Delta E/E, \Delta \rho/\rho\} \ll 1$, где μ - коэффициент Пуассона, а $\Delta \Xi_{A,i}$ - представляют собой максимальные изменения указанных параметров в ПМС слое по глубине. Основная задача настоящих исследований заключается в получении связи между характерной высотой ПМС (или глубиной упрочненного слоя) h и скоростью ПАВ с учетом априорной информации об общем виде распределения определяющих параметров $\Xi_i(z)$. Авторами рассмотрено несколько моделей, описывающих характер распространения ПАВ в поверхностном слабонеоднородном слое, как с учетом импульсного вида зондирующего сигнала, так и без него. При этом в качестве базового использовано уравнение Оулда.

$$0,25 \Delta C (C_0)^{-2} w_0 = \int_{-\infty}^0 (-\Delta \omega^2 \Delta \rho u_i^* \tilde{u}_i + u_{i,j}^* u_{k,l} \Delta G_{ijkl}) F(z) dz, \quad (1)$$

где C_0 и u_i – скорость ПАВ и амплитуда смещений невозмущенной волны соответственно, w_0 - абсолютное значение средней за период энергии невозмущенной волны, переносимой через упругое полупространство единичной ширины; ΔG_{ijkl} – максимальные изменения упругих модулей, причем $\{\Delta \rho, \Delta G_{ijkl}\} \sim F(z)$. В силу того, что рассматриваемые УНС представля-

УДК 624.012.25
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
 БАЛОК УСИЛЕННЫХ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

А. П. КОНОНЧУК, П. И. ДОВБАКА
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»
 Ровно, Украина

Целью данных исследований является изучение работы усиленных в растянутой зоне изгибаемых железобетонных элементов, с учетом истории работы конструкций до усиления, и создание такого расчета.

Для экспериментальных исследований было изготовлено 12 железобетонных балок из бетона класса В25, размерами 100×160×2000 мм. Армирование опытных образцов выполнялось таким образом, чтобы предотвратить возникновение наклонных трещин.

После предварительного испытания восьми опытных образцов, они были усилены по двум схемам (рис. 1). Еще четыре балки усиливались без предварительного испытания.

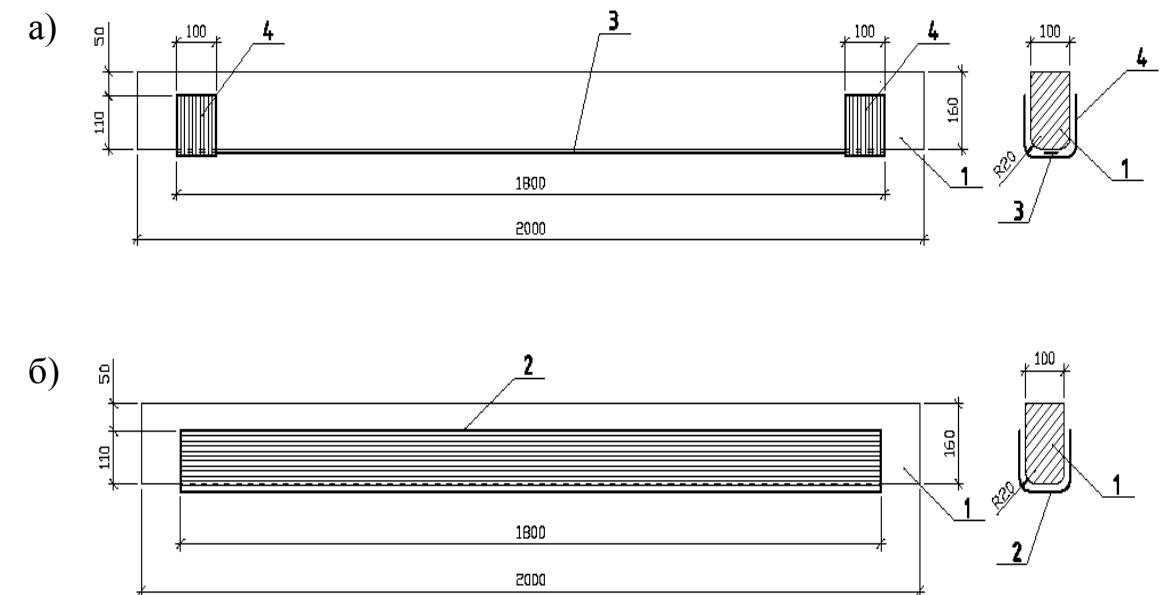


Рис. 1. Схемы усиления опытных балок: а) усиление лентой Sika Carbodur S-512; б) усиление полотном Sika Wrap; 1 – исследовательская балка; 2 – полотно Sika Wrap; 3 – лента Sika Carbodur S-512; 4 – анкерка с полотна Sika Wrap

В программе экспериментальных исследований приняты следующие условные обозначения маркировки балок: Б – балка, вторая буква указывает на вид нагрузки (О – однократная; Ц – циклическая), цифра после буквы "Ц" указывает на вид циклической нагрузки; цифра после "-" указывает номер балки испытанной при данном виде нагрузки; П1 – балка усилена композитной лентой Sika Carbodur S-512; П2 – балка усилена композитным полотном Sika Wrap. Опытные образцы П1 и П2 усиливались без предварительного испытания. Еще две балки усилены без предварительного испытания и не испытаны.

Испытания опытных балок на однократные нагрузки, показали увеличение несущей способности по нормальному сечению: образцов усиленных лентой в 1,7–1,8 раза; образцов усиленных полотном в 1,5–1,6 раза.

Опытные балки, которые усилены лентой разрушались по следующей схеме: при достижении предельной нагрузки, происходил отрыв ленты на участке между силой и опорой. В результате чего стремительно рос прогиб и развивались трещины в сжатой зоне, что сопровождалось выкалыванием бетона.

Балки которые были усилены полотном разрушались при достижении предельной загрузки. При этом рвались наиболее растянутые волокна усиления, которые находились на нижней грани балки по середине ее пролета. Это сопровождалось выкалыванием сжатой зоны.

В табл. 1 приведено сравнение деформаций крайних волокон сжатой зоны бетона, прогибов и трещин в балках испытываемых на однократные и малоцикловые нагрузки, усиленных лентой. Анализ результатов показал, что в результате действия малоцикловых нагрузок происходит накопление деформаций, прогибов и ширины раскрытия трещин, которое затухает уже к 5-му циклу. Однако после загрузки усиленных балок на следующем цикле, происходит незначительный прирост деформаций. При последующих циклах загрузки, если не увеличивать верхний уровень, деформации являются стабильными.

Усиление железобетонных конструкций композитными материалами в виде лент и полотен, является эффективным, надежным и перспективным методом, который хорошо работает в условиях однократных и малоцикловых нагрузок. В результате воздействия на них малоцикловых нагрузок, в частности высоких уровней, происходит рост упругости таких конструкций, о чем свидетельствует отсутствие какого-либо прироста относительных деформаций бетона, арматуры, элемента усиления, прогиба и ширины раскрытия трещин.

та в области отражения АП. При длительности импульса менее 1,5 периода колебаний обнаружение дефекта становится невозможным.

Анализ показывает, что при $\theta=0$ и $\varphi_D = \pm\pi$ зависимость P^* от площади дефекта S_D в дальней зоне является линейной функцией независимо от формы дефекта и пятна АП (это справедливо для случаев как двумерного, так и трехмерного рассмотрения задачи):

$$S_D = S_{II} \frac{1 - P^*}{1 + R_D/R_0},$$

где S_{II} – площадь пятна АП; R_D и R_0 – коэффициенты отражения УВ от дефектной и бездефектной границы соответственно.

Приведенное выражение верно во всем диапазоне изменения $S_{II} \geq S_D \geq 0$, если приемное регистрирующее устройство не инвертирует при обработке знак сигнала.

Как следует из формулы и подтверждается экспериментально, при выполнении условий $S_{II}/S_D \cos\beta > 2$, $R_D/R_0 \geq 1$, $\varphi_D \rightarrow 180^\circ$ всегда существует такое значение площади пятна АП S_{II}^* , при котором амплитуда сигнала отраженных УВ $P_A \rightarrow 0$, т.е. $P^* \rightarrow 1$. По данным фиксируемого значения S_{II}^* представляется возможным определять площадь дефекта S_D . Таким образом, повышается надежность и чувствительность ультразвукового контроля как при выявлении дефектов, так и при оценке их эквивалентного размера за счет того, что при периодическом изменении площади сечения акустического пучка S_{II} создаются такие условия, при которых изменение амплитуды отраженных УВ на приемнике максимально.

Экспериментальные исследования на модельных дефектах диаметром 2-7 мм с использованием прямых ПЭП диаметром 3-12 мм показали, что для данного диапазона площадей дефектов существует такой диаметр ПЭП, для которого зависимость между амплитудой и размером дефекта однозначна и имеет максимальный наклон. Уменьшение диаметра ПЭП приводит к возникновению неоднозначности зависимости (появлению осцилляций), увеличение диаметра – к снижению чувствительности.

В случае слабого отличия коэффициентов отражения и фазового сдвига, существенно меньшего π , экспериментально показана эффективность контроля в совмещенном режиме при небольшом угле падения, что связано с вращением поля рассеяния относительно ПЭП. Такая схема контроля позволяет выбирать для приема сигнала ту область поля, в которой наличие дефекта вызывает наиболее сильные изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баев, А. Р.** Дифракционное рассеяние упругих волн, отраженных от неоднородной границы / А. Р. Баев [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 224–225.

М. В. АСАДЧАЯ, *О. С. СЕРГЕЕВА, *С. В. САДОВСКИЙ,
Д. А. КОСТЮК

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Могилев, Беларусь

При контроле качества неразъемных соединений разнородных материалов (металл – металл; металл – неметалл; неметалл – неметалл), полученных методами склейки, пайки, сварки, напыления и др., в условиях одностороннего доступа существует проблема надежного выявления дефектов с малой площадью (и слабой отражающей способностью) и оценки их эквивалентной площади S_D .

В [1] рассмотрен метод контроля качества соединений материалов, основанный на особенностях отражения акустического пучка (АП) от границы раздела материалов с дискретно-неоднородными граничными условиями (ГУ). При одновременном падении АП на участки поверхности раздела сред с различными ГУ (т.е. дефектную и бездефектную области) в результате дифракционного рассеяния и интерференции полей упругих волн (УВ), отраженных от участков контролируемой поверхности, имеющих разный фазовый сдвиг, происходит существенное изменение структуры поля. В результате амплитуда отраженного сигнала при наличии дефекта (при соответствующем выборе параметров контроля) может изменяться на десятки децибел (дБ).

В общем случае на эффективность контроля границы сцепления материалов методом рассеяния АП влияют следующие параметры: а) мода волны и апертура излучающего и принимающего пьезопреобразователей (ПЭП); б) угол падения волны β на границу раздела сред, для которого между УВ, отраженными от дефектной и недефектной поверхности, существует фазовый сдвиг φ_D , по возможности близкий к $\pm\pi$; в) углы приема УВ θ_i , обеспечивающие максимальную чувствительность и достоверную оценку эквивалентной площади дефектов соединения материалов; г) длительность импульса t_u и частота волны f , обеспечивающие проявление интерференции отраженных УВ.

Проведенное численное моделирование показывает, что при сокращении длительности импульса t_u , вследствие ухудшения условий проявления интерференции УВ, происходит уменьшение величины P^* , которая представляет собой изменение амплитуды сигнала, вызванное наличием дефек-

Табл. 1. Сравнение деформаций бетона сжатой зоны и растянутой арматуры, прогибов и ширины раскрытия трещин в балках подсиленных лентой к величине момента $M = 8,06$ кН м (уровень 0,5 от разрушающей нагрузки)

Название характеристики		Однократные нагрузки		Малоцикловые нагрузки		
		БО-2 (П1)	П1	БЦ1-2(П1)	БЦ2-2(П1)	БЦ3-1(П1)
$\varepsilon_b \times 10^{-5}$	1 ц	114	115	108	112	98
	6 ц			117,5	121	107
	13 ц			120,5	122	114
$\varepsilon_s \times 10^{-5}$	1 ц	135	140	115	126,8	119,4
	6 ц			120	129,6	125
	13 ц			120	130	129
$\varepsilon_f \times 10^{-5}$	1 ц	176	191	223	209	201
	6 ц			240	224	221
	13 ц			239	225	236
w , мм	1 ц	0,34	0,1	0,26	0,22	0,26
	6 ц			0,26	0,24	0,26
	13 ц			0,26	0,24	0,28
f , см	1 ц	0,496	0,53 4	0,5	0,488	0,446
	6 ц			0,555	0,532	0,486
	13 ц			0,557	0,536	0,519

Е. В. КРЫШИЛОВИЧ, *А. В. ГИБХИН, С. Е. ОРЕХОВА

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
*ОАО «КЕРАМИКА»
Минск, Витебск, Беларусь

Одной из важнейших проблем охраны окружающей среды является недостаточное вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства и потребления, что приводит к значительным потерям вторичных материальных ресурсов, которые при соответствующей обработке могут быть переработаны во вторичное сырье. Это касается, в первую очередь, невозобновляемого минерального сырья, в том числе, промышленных отходов, содержащих цветные и редкоземельные металлы. В некоторых случаях переработка отходов с целью выделения ценных компонентов значительно продуктивнее, чем добыча их из руд. К таким ценным компонентам относятся соединения ванадия, содержание которого в земной коре незначительно и оценивается в 0,02 %.

В Республике Беларусь широко распространено производство серной кислоты, в котором используются ванадиевые катализаторы. Только на ОАО «Гродно Азот» используется порядка 100 т в год этого катализатора и при этом от 34 до 70 т отработанного ванадиевого катализатора (ОВК) подлежит замене.

Проведенные исследования [1] свидетельствуют о возможности использования ОВК при синтезе цветных глазурей, предназначенных для декорирования облицовочных плиток, изразцов и изделий художественной керамики. Применение синтезированных глазурей обеспечит снижение затрат на сырьевые материалы за счет отказа от использования дорогостоящих импортных красящих компонентов.

Кроме того, при производстве стекол и глазурей может использоваться и твердый остаток выщелачивания ОВК, образующийся при гидрометаллургической переработке дезактивированного катализатора [2], поскольку он на 95 % состоит из SiO_2 , что позволит снизить изъятие песка из природной среды для нужд стекловарения.

Целью данной работы явилось исследование возможности использования ОВК для получения керамического кирпича.

Усредненный состав ОВК, образующихся на ОАО «Гродно Азот», установленный на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-5610 LV, оснащенный системой элементного анализа EDX JED-

бражений клеток, однако, они эффективны только при достаточно большом числе элементов. Поэтому на первом шаге селекции определяется число элементов в кластерах, а затем малоразмерные изображения группируются в отдельный блок. Они могут соответствовать как изображениям слабоконтрастных клеток, так и изображениям помех, в том числе выбросам шумов. Затем, на основе собственных моментных характеристик, определяются признаки оставшихся кластеров и соответствующие им критерии селекции. В настоящей работе рассматриваются следующие признаки: удлинение; эксцесс; среднее расстояние между элементами кластера и соответствующие им критерии. Для осуществления селекции по найденным признакам, используя тестовые изображения, определяются уровни соответствующих порогов.

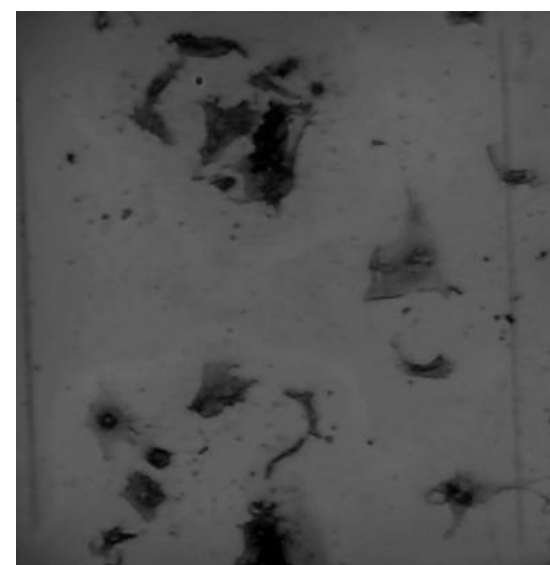


Рис. 1. Изображение популяции биологических клеток

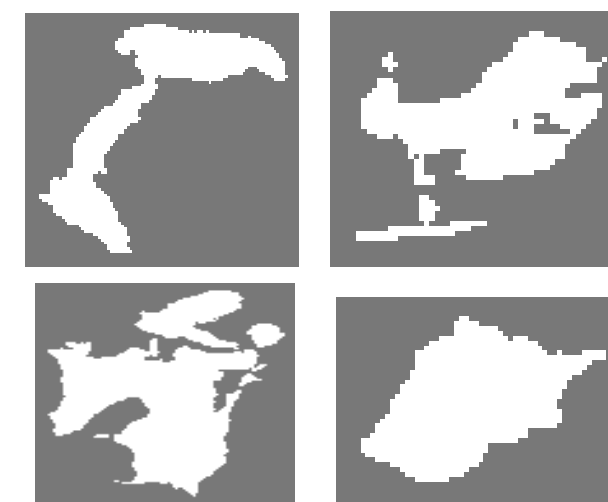


Рис. 2. Результаты кластеризации биологических клеток

Работоспособность методики продемонстрирована на примере обработки реального изображения популяции клеток (рис. 1), полученного с помощью оптического микроскопа. Размер изображения – 1x1 мм. На рис. 2 показаны некоторые кластеры, полученные после этапов кластеризации и селекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Артемьев, В. М.** Обнаружение точечных объектов на изображениях в условиях неопределенности / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан // Информатика. – 2010. – № 2. – С. 15–24.
2. **Артемьев, В. М.** Обнаружение объектов конечных размеров на изображениях в условиях неопределенности / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан // Информатика. – 2010. – № 4. – С. 5–14.

В. М. АРТЕМЬЕВ, А. О. НАУМОВ, Л. Л. КОХАН
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Новое поколение микроскопов обладает повышенной разрешающей способностью и возможностью регистрации видеоизображений процессов в реальном масштабе времени. В целях реализации возможностей таких устройств требуется разработка их информационного обеспечения в виде пакета программ для автоматической обработки получаемых данных. Особенно актуальна эта задача в биологии при изучении поведения ансамблей клеток с контролем их параметров и измерением траекторий движения. Обработка изображений движущихся биологических клеток состоит из этапов фильтрации, обнаружения, кластеризации, селекции кластеров, соответствующих биологическим клеткам, а также построения траекторий движения клеток. Первые два этапа обработки в данной работе не рассматриваются и заключаются в локальном обнаружении отдельных элементов изображения [1, 2]. Задача исследования состояла в рассмотрении методики внутрикадровой кластеризации и селекции изображений объектов применительно к изображениям биологических клеток с выходов оптических микроскопов высокого разрешения. В основу методики положены пороговые критерии сегментации и предложены способы выбора уровней порогов.

Для построения кластеров предлагается использовать признаки на основе расстояний между элементами изображения и различий в их яркостях. В качестве таких признаков используются сумма модулей разности координат и модуль разности яркостей элементов изображения. Поскольку расстояния между элементами бинарного изображения объекта, как правило, значительно меньше расстояний между самими объектами, то на этом различии и основана кластеризация по расстоянию. Кластеризация по признаку модуля разности яркостей основана на учете близости яркостей элементов на изображении одного и того же объекта. Центральным моментом в использовании пороговых критериев кластеризации является способ выбора уровней порогов. Предложена процедура выбора уровня порога на основе данных лишь текущего кадра. Она базируется на анализе гистограммы распределения кратчайших расстояний.

После образования кластеров следует выделить те из них, которые соответствуют изображениям биологических клеток. Эта операция называется селекцией и осуществляется на основе признаков, характерных для изо-

2201, в пересчете на оксиды выражается следующим образом (масс.%): SiO₂ – 40,43; SO₃ – 25,47; K₂O – 10,95; V₂O₅ – 7,49; Na₂O – 2,71; FeO – 0,74; ZnO – 0,68; Al₂O₃ – 0,64; CuO – 0,41; CaO – 0,17; остальное – соединения углерода.

Рентгенофазовый анализ показывает, что фазовый состав исследуемого отхода представлен α-кварцем, а так же сульфатами, полисульфатами и ванадатами вышеперечисленных металлов.

Из результатов дифференциально-термического анализа образцов ОВК следует, что при температурной обработке наблюдается несколько стадий разложения, сопровождаемых потерей массы и эндотермическими тепловыми эффектами. Первый эффект с максимумом при температуре 180 °С соответствует удалению физически связанной воды. Потеря массы – 8 %. Наличие тройного эндоэффекта в области температур 540–820 °С, видимо, связано с разложением сульфатов. Потеря массы – 16 %. При дальнейшем повышении температуры никаких превращений не зафиксировано.

В качестве глинистой составляющей использовалась глина месторождения «Осетки». Для отощения масс использовался шамот (бой кирпича), песок месторождения «Скуловичи», а так же отработанный ванадиевый катализатор.

Содержание глинистой составляющей – 66,7 %, шамота – 11,7 %, песка – 18,7, гранулированных фильтров – 3 %. Зерновой состав шамота: мелкая фракция – 32 %, и крупная фракция – 68 %.

Основная масса для изготовления образцов – шихта для кирпича рядового полнотелого, количество добавок сверх 100, %: серия А – 5, серия Б – 10, серия В – 15, так же для сравнения были сформованы образцы без добавок в шихту серия Г.

Образцы серии А имеют неоднородную цветовую гамму (малиново-красная), серии Б и серии В практически идентичны по цветовым характеристикам (фиолетовый цвет), несмотря на различное содержание отработанного ванадиевого катализатора – 10 % и 15 %. Таким образом, оптимальное содержание отработанного ванадиевого катализатора в качестве пигментирующей добавки для получения устойчивых цветовых характеристик лежит в пределах сверх 100 %: от 10 до 15.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радченко, С. Л. Получение глазурных покрытий на основе отработанных ванадиевых катализаторов / С. Л. Радченко, Ю. С. Радченко, С.Е. Орехова // Стекло и керамика. – 2009. – № 4. – С. 29–31.
2. Крышилович, Е. В. Оптимизация процессов выделения соединений ванадия из отработанных ванадиевых катализаторов / Е. В. Крышилович, С. Е. Орехова, И. И. Курило // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – Минск: «Беларуская навука», 2011. – № 3. – С. 32–36.

УДК 624.01

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Л. В. КУРНОСЕНКО, Н. В. КЛИМЕНКОВА

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

При проектировании производства строительных работ выбранный вариант их организации должен обеспечить выполнение в данных условиях каждой работы с наименьшими приведенными затратами.

При попытке практической реализации этого требования возникает вопрос о том, как связать решения по организации работ и затраты.

Традиционная методика прямого расчета затрат по каждому из возможных вариантов выполнения работ весьма громоздка. В этом случае для каждого из вариантов требуется составление проекта производства работ.

Учитывая сложность и трудоемкость разработки проекта производства работ, с одной стороны, и огромное число возможных вариантов выполнения работ даже на несложных объектах - с другой, практически это неосуществимо. Более эффективным, в данном случае является подход, при котором связь между решениями по организации работ на объекте и приведенными затратами устанавливается не непосредственно, а через продолжительность производства работ. Связь между организацией работ и их продолжительностью можно установить только при помощи сетевой модели. В сетевой модели данной топологии отображается определенный вариант сочетания способов выполнения отдельных работ на объекте.

Если по каждой из работ такой сетевой модели определить зависимость между продолжительностью работы и приведенными затратами, то появляется возможность на основе существующих методов проанализировать эту сетевую модель и выбрать вариант организации работ с наименьшими приведенными затратами. Это и будет рациональный вариант организации производства работ при конкретных технологических способах выполнения каждой работы, так как по нему:

– весь комплекс работ на объекте выполняется с минимальными приведенными затратами;

– параметры (ресурсы, продолжительность и пр.) каждой из входящих в этот комплекс работ четко определены и соответствуют выполнению всего комплекса работ с минимальными приведенными затратами.

Таким образом, задача нахождения рационального варианта организации производства работ на объекте сводится к построению сетевого гра-

оксида кремния, который со временем в результате реакции с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ переходит в гидросиликат кальция и способствует сокращению количества пор от размера 1 нм и выше. Согласно этим исследованиям использование 20 %-й минеральной добавки доменного шлака позволяет получить бетон классом В90 и более в возрасте 28 суток. А в возрасте 56 суток класс бетона превышал В100.

На преодоление дефицита бетона, в частности, направлен способ домола портландцемента перед его использованием до наноразмерных частиц. Таким образом, увеличивается доля вещества, вступающего в реакцию с водой.

У домолотого цемента частицы реагируют с водой на 80–90 % их объема. Следовательно, на получение заданного изделия цемента потребуется меньше. Кроме того, домолотый цемент обеспечивает получение более прочных бетонных изделий. Это обстоятельство позволяет еще более снизить расход цемента.

Еще одно направление, позволяющее экономить цемент, – добавление в него нанодисперсных модификаторов, особенно таких, которые являются отходами.

Микрокремнезем, образующийся как отход при получении кремния и ферросилиция, позволяет повысить прочность бетонов.

Некоторые ученые предлагают получить нанодисперсный кремнезем из геотермальных вод.

Из всех нанотехнологий, предлагаемых учеными, является использование в производстве строительных материалов шунгита, который считается самостоятельным строительным материалом и может быть использован как наполнитель для производства электропроводящего бетона (именно таким свойством обладает эта порода). Применяется в качестве вспененных наполнителей для легких бетонов, для изготовления токопроводящей краски, для устройства наливных полов, материала для производства абсолютно инертных фильтров, очищающих воду и т. д. Также уникальное свойство шунгита – способность экранировать электромагнитные излучения высоких и сверхвысоких частот.

Разработана рецептура бетонной смеси на основе шунгита, из которой получается камень стойкий к гамма-лучам. Такой бетон рекомендован исследователями для изготовления хранилищ радиоактивных отходов, отработанного ядерного топлива и он уже применяется в этой сфере.

Начинаются первые попытки производства наиболее перспективных разновидностей фуллеренов – нанотрубок, несмотря на то, что это еще очень дорого. Экспериментально доказано, что использование нанотрубок для приготовления цементных пенобетонов значительно повышает их физико-механические свойства, а затраты на добавку – компенсируются возможностью экономить цемент

П. В. ШЕСТАКОВ, И. М. ЗАЙЦЕВА

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

Применение нанотехнологий в производстве цемента и бетона позволяет не только получать высококачественный продукт нового уровня, но и избавиться от дефицита, считают специалисты.

Одна из самых многообещающих сфер применения нанотехнологий – производство строительных материалов нового поколения. Уже сегодня в мире при помощи нанотехнологий производят цемент, керамику, металлические сплавы, пластмассы, лакокрасочные и многие другие материалы с уникальными свойствами.

На сегодняшний день опубликован широкий ряд исследований по применению нанотехнологий в производстве стройматериалов, и в том числе бетона.

Развивая идеи нанотехнологии на уровне современных знаний, задача повышения качества бетона как композита может быть решена за счет максимального использования энергетических возможностей цемента, резервы которого, как правило, используются не полностью. Это происходит в силу возникающих в твердеющей системе бетона внутренних напряжений, ограничивающих его расход.

Решение этой проблемы может быть достигнуто использованием добавок определенной природы. Такими свойствами могут обладать золи, имеющие коллоидный (нано-) размер частиц (1–100 нм) и характеризующиеся особыми свойствами фрактальной поверхности – высокой поверхностной энергией.

Всего называют три основных технологических способа использования наноструктур при производстве бетона:

– «сверху вниз» – диспергирование, измельчение, глазурирование и др.;

– «снизу вверх» – конденсация, объединение атомов, ионов, молекул, концепция «золь-гель»;

– применение природных фуллеренов как родственных структур нанотрубок – шунгит-шунгизит и др.

Основная идея применения золя как добавки в бетон состоит в использовании структуры золя для создания дополнительного структурного элемента в бетонной смеси. Этот элемент представляет собой наночастицу

фика, оптимального по критерию приведенных затрат и включает следующие этапы:

а) составление укрупненной сетевой модели на строительство объекта;

б) расчеты зависимостей между временем выполнения и приведенными затратами для каждой из работ, входящих в сетевую модель;

в) анализ сетевой модели и установление зависимости между продолжительностью строительства и приведенными затратами по объекту в целом;

г) выбор оптимального решения по организации возведения объекта (можно выделить два случая; первый – при котором продолжительность строительства объекта заранее не задается, и второй – когда продолжительность строительства объекта задана заранее);

д) установление оптимальных параметров организации производства каждой из работ (делается на основе анализа сетевой модели оптимального варианта организации строительства объекта в целом).

При решении данной задачи необходимо четко представлять и учитывать адресность задачи, т. е. с чьих позиций ведется выбор оптимального решения. В строительстве принимают участие многие организации, находящиеся друг с другом в определенных экономических отношениях. При выборе оптимального варианта задача решается с позиций народного хозяйства, а не с позиции какой-то одной строительной организации. Также данную задачу могут ставить и решать как генподрядная, так и любая субподрядная строительная организация.

Каждая из организаций может стремиться к оптимизации «своих» работ, не считаясь с тем, соответствует ли оптимальное, с ее точки зрения, решение интересам других организаций или нет. Чтобы при решении задачи на народнохозяйственном уровне такое противоречие не возникало, решение ее на практике можно представить как некий итеративный процесс. Вначале генподрядная организация находит оптимальный вариант по объекту в целом. Полученные при этом параметры производства работ используются в качестве ограничений в задачах, решаемых субподрядными организациями. Оптимальные решения по выполнению субподрядных работ, в свою очередь, вводятся в модель генподрядной организации, и модель подвергается дополнительной оптимизации. Это повторяется до тех пор, пока последующие итерации не перестанут существенно влиять на величину затрат.

Таким образом, рациональный вариант организации производства работ на объекте, при заданных конкретных способах работ и средствах механизации (т. е. при определенной топологии сетевой модели), может быть найден на основе зависимости «время - приведенные затраты», выявляемой путем анализа сетевой модели.

УДК 621.926
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

А. Б. МОЙСЕЕНКО, Ю. А. МОЙСЕЕНКО, А. О. АСЛАНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разрушение твердых материалов до требуемой по технологическим условиям степени является одной из наиболее энергоемких и трудоемких стадий подавляющего большинства современных производств.

Одним из важных этапов измельчения является разработка типовых математических моделей структуры потока материала в промышленных мельницах.

Энергетические затраты на измельчение исходного и вторичного сырья непрерывно возрастают. В мире расходуется на эти цели до 12 % вырабатываемой энергии. В связи с этим задача снижения себестоимости дробильно-измельчительных технологических операций становится все более актуальной.

В процессе измельчения сыпучих материалов в аппарат поступают частицы с широким спектром размеров, который по мере измельчения смещается в сторону малых размеров. Цель операции измельчения - изменить исходный спектр до заданного, получить готовый продукт, отвечающий требованиям последующих и взаимосвязанных технологических процессов.

Процесс смешения сыпучих материалов направлен на получение однородной по составу композиции и является широко используемым процессом во многих отраслях промышленности (химической, строительных материалов и т.д.). Во многих случаях от его исхода зависит качество готового продукта.

Трудности при моделировании процессов измельчения и смешения обусловлены не только их сложностью, но и тем, что недостаточно разработаны теоретические основы механики неоднородных сред. Несмотря на большое разнообразие различных подходов к описанию процессов измельчения и смешения и попыток обобщить с теоретической точки зрения многочисленные экспериментальные данные до настоящего времени не существует единого математического описания процессов измельчения и смешения.

Следует отметить, что области применения различных моделей зависят от конкретного вида помольного агрегата.

тарными частицами новых фаз (новообразованиями). Эти силы незначительны, но достаточны для того, чтобы цементное тесто утратило способность к пластическим деформациям, а его структура приобрела способность удерживать приданную форму.

По прибору Вика в это время фиксируют конец периода схватывания.

Для оценки изменений сроков схватывания было изучено влияние добавок сульфата натрия (СН), суперпластификатора (СП) и комплексной добавки на их основе на сроки схватывания отечественных цементов, различающихся минералогическим и вещественным составом, маркой (активностью).

Из экспериментов следуют выводы:

– введение добавки СН сокращает сроки схватывания цемента с увеличением ее дозировки по всем видам использованного вяжущего. При этом действие добавки в большей мере проявляется с ростом активности вяжущего;

– влияние добавки суперпластификатора проявилось в увеличении времени начала схватывания всех исследованных видов цементов с ростом количества вводимой добавки; при этом эффект замедления в большей степени проявляется на вяжущих меньшей активности;

– комплексная пластифицирующая – ускоряющая твердение добавка «СП+СН» оказывает неоднозначное влияние на сроки схватывания цемента. Так, при неизменном количестве воды затворения в пластифицированном тесте начало и конец схватывания цемента несколько отодвигается во времени с ростом содержания компонента СП в комплексной добавке.

При этом сроки схватывания цемента с комплексной добавкой во всех случаях меньше, чем с монодобавкой СП.

Снижение количества воды затворения до получения цементного теста нормальной густоты сопровождается сокращением срока начала схватывания примерно на (15...25 %), относительно цемента без добавок.

УДК 620.9.008
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СХВАТЫВАНИЕ ЦЕМЕНТА

О. Ю. ШЕЙДА, *Д. С. КОРБУТ, *Е. Е. КОРБУТ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

Сегодня монолитное строительство – одна из наиболее перспективных технологий возведения жилых зданий.

В настоящее время наиболее перспективным направлением в технологии бетона является решение задачи формирования оптимальной структуры цементного камня, позволяющее улучшить физико-технические свойства бетона.

Особую важность приобретает использование химических добавок, т.е. введение в бетонную смесь реагентов, направленно действующих на ее свойства, кинетику твердения и существенно влияющих на все характеристики затвердевшего бетона.

Современная техника располагает большой номенклатурой добавок: добавки, регулирующие свойства бетонных смесей; добавки, регулирующие схватывание бетонных смесей и твердение бетона; добавки, регулирующие плотность и пористость бетонной смеси и бетона; добавки, придающие бетону специальные свойства.

В настоящей работе освещены основные вопросы влияния химических добавок на схватывание цемента на основании литературных данных и результатов специальных экспериментальных работ.

Схватывание затворенного водой цемента (цементного теста) отражает процесс связывания воды затворения частицами твердой фазы. Со временем в системе «цемент-вода» развивается процесс гидролиза-гидратации, который сопровождается «выходом» в объем жидкой фазы элементарных частиц вяжущего. Они, в свою очередь, адсорбируют некоторое количество молекул воды, образуя собственную оболочку из ее тончайших слоев.

Развитие гидратационного процесса на некоторой стадии приводит к зарождению первичных связей между обводненными частицами вяжущего, проявлению сил «Ван-дер-Ваальса» в формирующейся коагуляционной структуре цементного теста.

Этот момент фиксируется как начало схватывания с помощью прибора Вика.

С течением времени, вся жидкость переходит из свободного состояния в связанное, появляются связи между накопившимися в жидкости элемен-

УДК 624.01
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ СТАРОЙ ЗАСТРОЙКИ
г. МОГИЛЕВА

И. Л. ОПАНАСЮК, Л. Г. ОПАНАСЮК, Е. Н. АМЕЛИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время в городе Могилеве строится и сдается в эксплуатацию значительное число современных жилых домов и общественных зданий. За несколько последних лет застроен девятиэтажными крупнопанельными домами район Казимировки, вновь построен район «Спутник» с кирпичными, крупнопанельными и монолитными каркасными жилыми домами, детскими садами, школами и торговыми центрами.

Вместе с тем, в городе эксплуатируются жилые дома, построенные еще до 1917 года, которые зачислены в разряд архитектурно-исторических памятников, а также пятиэтажные крупнопанельные дома, построенные в 60-70 годах по серии 1-335 с поперечным железобетонным каркасом, крупнопанельные жилые дома из изделий Могилевского ДСК и кирпичные дома.

Выполненный анализ объемно-планировочных и конструктивных решений жилого фонда, обслуживаемого ЖЭУ-1 Могилевского городского управления коммунальных предприятий показывает, что из 141 жилых домов – 43 дома построены до 1917 года, 88 домов построено в послевоенный период до 1970 года и 10 домов после 1970 года.

Из 141 жилого дома: 15 домов – одноэтажные, 81 дом высотой до 5 этажей, 35 домов высотой до 9 этажей и 10 домов высотой свыше 9 этажей.

Наружные кирпичные стены имеют 132 дома, деревянные (бревенчатые) стены – 17 домов и железобетонные (крупнопанельные) стены – 10 домов.

С деревянными перекрытиями построено 48 домов, смешанными железобетонными и деревянными – 9 домов и железобетонными перекрытиями – 84 дома.

Мягкая рулонная кровля выполнена в 19 домах, металлическая по наслонным стропилам – в 77 домах и из волнистых асбестоцементных листов – в 45 домах.

Примерно такая же картина характерна и для других ЖЭУ, обслуживающих районы старой застройки г. Могилева.

Так, например, ЖЭУ-2 обслуживает 63 дома. Из них одноэтажных – 9, до 5 этажей – 16, до 9 этажей – 27 и свыше 9 этажей – 11 домов.

Из 63 домов: 5 построено до 1917 года, до 1970 года возведено 44 дома и после 1970 года 14 домов.

В соответствии с рекомендациями, приведенными в приложении К ТКП45-1.04-14-2005 «Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения» минимальная продолжительность эффективной эксплуатации до капитального ремонта полносборных крупнопанельных, крупноблочных, со стенами из кирпича, естественного камня и т.п. с железобетонными перекрытиями жилых и общественных зданий составляет 20-25 лет. А зданий со стенами из кирпича, естественного камня и т.п. с деревянными перекрытиями составляет 15-20 лет.

Минимальная продолжительность эффективной эксплуатации до замены (капитального ремонта) строительных конструкций и инженерных систем жилых домов (согласно ТКП приложения Л) составляет:

- фундаменты ленточные бутовые – 50 лет;
- стены каменные обыкновенные (кирпичные при толщине 2,5 кирпича) – 40–50 лет;
- стены деревянные (в том числе перегородки) – 30 лет;
- перекрытия сборные и монолитные 65 лет;
- перекрытия деревянные по деревянным балкам, оштукатуренные (междуэтажные 60 лет; чердачные 30 лет);
- балконы железобетонные – 80 лет;
- деревянные стропила и обрешетка – 50 лет;
- покрытие крыш – 10–30 лет;
- оконные и дверные блоки – 40 лет.

Сопоставляя вышеприведенную характеристику старого жилого фонда и современные требования по технической эксплуатации жилых и общественных зданий, можно сделать вывод о том, что капитальному ремонту с полной либо частичной заменой конструкций деревянных перекрытий, конструкций скатной кровли, тепловой реанимацией наружных стен и перекрытий подлежат все дома, построенные до 1917 года, а также ряд объектов, построенных до 1970 года.

Применение традиционных конструктивных и организационно-технологических решений для ремонтно-восстановительных работ не всегда является приемлемым решением из-за значительного износа отдельных конструкций зданий, несоответствие их несущей способности расчетным нагрузкам и теплотехническим требованиям, существующей стесненностью производства работ, значительной трудоемкостью подготовительных и сопутствующих работ.

На основании полученных результатов обследования и их анализа ряда объектов г. Могилева, авторами предложены отдельные технические решения по замене деревянных перекрытий на монолитные железобетонные и капитальному ремонту мягкой рулонной кровли, обеспечивающие требуемые эксплуатационные показатели модернизируемых объектов.

Измельчение широко применяется для обогащения полезных ископаемых в горном деле, а также в металлургии, химической, строительной и др. отраслях промышленности.

Для измельчения полезных ископаемых и материалов цементной и химической промышленности применяются, в основном, барабанные мельницы: шаровые, стержневые, галечные и самоизмельчения; в промышленности строительных материалов для измельчения глин, кварца, полевого шпата используют бегуны. В роликовых и кольцевых мельницах измельчаются мягкие и средней твердости неабразивные материалы (например, фосфориты, угли). Для очень тонкого измельчения небольших количеств материала с размерами зёрен от 1–2 мм до 0,05 мм применяют вибрационные мельницы. Сверхтонкое измельчение материалов крупностью 0,1–0,2 мм до частиц размером 2–10 мкм осуществляется в струйных мельницах. Показатели производительности машин для измельчения включают не только массу, но и крупность исходного материала и продукта. Расход энергии на измельчение зависит от прочности (измельчаемости) материала и крупности исходного материала, степени загрузки мельницы и др.

Решение современных проблем измельчения не может быть реализовано путем традиционных подходов и методов. По мнению авторов это связано с неопределенностью движения как рабочих органов (элементов), так и, прежде всего, измельчаемого материала. Например, при работе шаровой мельницы - только каждый тысячный удар является полезным, остальные – холостыми. По этой причине КПД этих машин оценивается в 0,6 %.

Предлагаемые авторами пути повышения эффективности помольных агрегатов базируются на следующих основных положениях: разрушение материала производится в тонком слое путем пульсирующих динамических нагрузок; обеспечением оптимальной циркуляции материала загрузки в рабочих органах; выполнением рабочих органов в виде элементов с управляемой деформацией и с заданными силовыми параметрами нагружения; реализация прогрессивного привода рабочего оборудования в виде виброинерционных механизмов.

Практическая реализация указанных положений проводится на рессорно-стержневых аппаратах.

Е. А. ШАРОЙКИНА, К. А. БЕЛЯЦКАЯ, С. В. ИЛЬИН

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

Измельчение известно с древнейших времён. Пест и ступка из камня были известны за 8000 лет до н. э. За 3500 лет до н. э. ручные мельничные жернова применялись в Египте и Китае для измельчения зерна и лишь отчасти в горном деле. С 16 века для измельчения руд использовались толчеи (падающие песты). Машинное измельчение стало развиваться со 2-й половины 19 века. Принцип действия шаровой мельницы, основного измельчающего аппарата, был известен уже 150 лет тому назад; прототип современной мельницы изобретён в 70-х гг. 19 века.

Способы измельчения – раздавливание, удар, истирание, при которых основное значение имеют деформации сжатия и сдвига. По существу – измельчение является процессом образования новых поверхностей. Под действием внешних сил в куске возникают напряжения, вызывающие микротрещины, которые способны частично закрываться (самозаживляться) при снятии нагрузки. Некоторая предельная концентрация микротрещин в единице объёма может вызвать возникновение, по крайней мере, одной большой трещины, которая приводит к расколу куска на части. Поверхностно-активные молекулы веществ, присутствующих в окружающей среде, адсорбируясь на стенках трещин, препятствуют их самозаживлению («эффект Ребиндера»). При повторном нагружении куска такие трещины могут дать начало большой трещине и т. д. Это явление концентрации вещества на поверхности трещин объясняет действие понизителей твёрдости, способствующих измельчению. По мере уменьшения размер куска в процессе измельчения их прочность возрастает, так как в мелких частицах оказывается меньше структурных дефектов. При очень тонком измельчении частицы, размерами в несколько мкм и мельче, могут под действием сил молекулярного сцепления образовывать хлопья и сrostки. В этом случае, при измельчении одновременно возникают новые мелкие кусочки, происходит их частичное укрупнение вследствие агрегатирования. Для предотвращения агрегатирования в смесь добавляют поверхностно-активные вещества, покрывающие частицы тончайшей плёнкой, которая препятствует слипанию. Измельчение во многих случаях сопровождается химическими превращениями на поверхности частиц. Мерой крупности продукта может служить удельная поверхность, так как она обратно пропорциональна среднему размеру частиц.

И. Л. ОПАНАСЮК, Н. П. ДИМИТРИАДИ

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

Модернизация гражданских и промышленных объектов, как правило, сопровождается капитальным ремонтом совмещенных мягких рулонных кровель. Это вызвано не только значительным физическим износом мягкого гидроизоляционного ковра и его основания, но и повышенными теплотехническими требованиями, изложенными в ТКП 45–2.04–43–2006 «*Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования*». Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций стен составляет $R_{Т.НОРМ}=3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, совмещенных покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над проездами – $R_{Т.НОРМ}=6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что в 2,5–3,0 раза больше теплотехнических требований, предъявлявшихся к стенам и покрытиям во время строительства зданий и сооружений до 1970 года. В связи с этим, при капитальном ремонте жилого фонда старой застройки, повышенные теплотехнические требования обуславливают выполнение работ по тепловой реанимации наружных стен и полной замене мягкой рулонной кровли.

Согласно СНБ 5.08.01–2000 «*Кровли. Технические требования и правила приемки*» при ремонте рулонных и мастичных кровель полную замену кровли следует производить при разрушенной пароизоляции и утеплителе; утеплителе, стяжке и протекании кровли. Полную замену кровли производят при изменении потребительских функций защитного покрытия и несоответствия новым условиям эксплуатации: свойств материалов утеплителя, стяжки, строения водоизоляционного ковра, конструкций узлов кровли.

Как показывает практика капитального ремонта мягких совмещенных кровель с полной заменой всех её слоев – это очень трудоемкий и материалоемкий вид работ. Его выполнение требует полной разборки кровли, укладки эффективных утеплителей, устройства основания и гидроизоляционного ковра. Во время разборки кровли и ее восстановления жилые и производственные помещения не защищены от попадания в них атмосферных осадков.

Повышение эффективности ремонта кровель может быть достигнуто за счет ликвидации наиболее трудоемких и материалоемких процессов по разборке кровли, а именно: основания под гидроизоляционный ковер и утепляющих слоев при значительном снижении коэффициента теплопроводности вновь устроенной кровли. В зарубежной практике эта задача ре-

шается посредством устройства двойной кровли типа DUO. В строительных нормах Республики Беларусь такую кровлю называют инверсионной кровлей. Такая конструкция предусматривает укладку поверх гидроизоляционного слоя экструдированного пенополистирола либо вспененного жесткого пенополиуретана в условиях строительной площадки. При укладке плитного экструдированного пенополистирола его пригружают железобетонными плитами толщиной 5 см либо слоем гравия такой же толщины для обеспечения его защиты от ультрафиолетовых лучей и предотвращения всплытия во время атмосферных осадков.

Применение жесткого вспученного пенополиуретана в условиях строительной площадки, обеспечивает значительную её адгезию к основаниям и защиту от ультрафиолетового излучения полимерными эмульсиями, что значительно снижает расчетные нагрузки на кровлю по сравнению с предыдущим случаем. Расчеты показывают, что при плотности пенополиуретана 60 кг/м^3 его расчетная толщина составляет 60–80 мм.

Технология устройства и ремонта кровель методом напыления пенополиуретана позволяет: не снимать существующий кровельный ковер и утеплитель; напылять материал на любые сложные поверхности и создавать безшовный гидроизолирующий контур различной толщины; решать проблему, где несущие конструкции не способны выдерживать большую нагрузку т.к. объёмная плотность пенополиуретана составляет 60 кг/м^3 , т.е. дополнительная нагрузка на кровлю при толщине напыляемого пенополиуретана 3 см составит не более 2–3 кг на 1 м^2 кровли; за короткое время отремонтировать большие площади – 700–800 м^2 за один день с помощью одной установки.

Пена подготавливается и наносится специальной установкой высокого давления – REACTOR компании «GRACO» (США) с помощью пистолета Fusion. Такая мобильная установка дозирует, подогревает и подает к пистолету-распылителю FUSION отдельно под высоким давлением два компонента. При нажатии на курок в модуле Cyclone-Mix пистолета FUSION происходит смешивание компонентов и под давлением реакционноспособная смесь попадает на изолируемую поверхность.

Предлагаемая технология напыления предусматривает разборку старого гидроизоляционного ковра, ремонт основания, устройство нового гидроизоляционного ковра, напыление вспученного пенополиуретана с устройством примыканий и защитой его полимерными эмульсиями от солнечной радиации. Эта технология стала использоваться сравнительно недавно (в Республике Беларусь, примерно, с 2000 года). Она позволяет напылять материал на любые сложные поверхности и создавать дополнительный тепло-гидроизолирующий контур в несколько слоёв различной толщины.

Отказ свай, обмазанных антифрикционными материалами (растворами, пастами, смолами, водой), с учетом установленных переменных коэффициентов K и μ можно определить по зависимости:

$$\delta = \frac{m_y \cdot g \cdot H \cdot (1 - \mu)}{F} \cdot \frac{m_y}{m + m_c + m_{\text{нар}}} \cdot K, \quad (1)$$

где: m_y – масса ударной части молота; $m = m_y + m_n$ – полная масса молота; m_n – масса неподвижных частей молота; m_c – масса свай; $m_{\text{нар}}$ – масса наголовника; H – высота падения ударной части молота; g – ускорение свободного падения; F – сопротивление грунта перемещению свай, равное сумме сопротивлений под нижним концом свай (сопротивление торца свай) и по боковой поверхности (сопротивление сцеплению свай с грунтом); μ – коэффициент отскока ударной части молота, учитывающий материал свай и ударной части, высоту падения и соотношение масс соударяемых тел; K – коэффициент увеличения отказа обмазанных свай при погружении в грунт, учитывающий вид и свойства обмазок свай. Значения коэффициента K в связных грунтах в зависимости от вида обмазки: вода – 1,2...1,35; цементные растворы – 1,15...1,2; глинистые (бентонитовые) пасты – 1,4...1,45; жидкое стекло – 1,2...1,25; синтетические смолы – 1,35...1,35; эпоксидные смолы – 1,3...1,35.

На основании экспериментальных данных установлено, что высота отскока пропорциональна высоте падения ударной части молота $h = \mu H$, а значения μ изменяются в пределах $0,3 \div 0,4$. Использование обмазок обуславливает повышение отказа свай на 15...45 % в зависимости от вида материала обмазки.

Производственный процесс нанесения обмазок на поверхность ствола погружаемых свай отличается высокой трудоемкостью и характеризуется неблагоприятным влиянием копровой установки на исполнителей. В этой связи разработана механизированная установка, позволяющая исключить ручной труд и улучшить условия труда. Погружение свай производится через воронкообразный бункер, заполняемый с помощью насосной установки материалом обмазки на протяжении определенных этапов ее погружения.

Авторами неоднократно, в различных грунтовых и производственных условиях, проводились экспериментальные исследования по оценке эффективности использования обмазок для погружения забивных свай и определению величины отказа свай. Это позволяет рекомендовать к практическому применению обмазки из синтетических смол, глинистых паст, цементных растворов и воды для погружения свай, а предлагаемую методику расчета отказа свай – при проектировании и устройстве свайных фундаментов.

В. П. ЧЕРНЮК, В. И. ЮСЬКОВИЧ, Г. И. ЮСЬКОВИЧ
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Для эффективного применения в строительстве свайных фундаментов необходимы технические решения по снижению энергоемкости погружения забивных свай и повышения их несущей способности. Этому требованию, в определенной степени, удовлетворяет использование обмазок из природных и искусственных материалов, промышленных отходов, а также применение эффективных механизмов и приспособлений для нанесения обмазок на поверхность свай в процессе их погружения в грунт.

Согласно последним исследованиям в качестве обмазок могут применяться карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, а также тиксотропные глинистые пасты, цементные растворы и вода.

На основании результатов исследований можно отметить, что сваи с обмазками погружаются с меньшими затратами энергии, что заметно как по отдельным отказам, так и по общему характеру ходограмм погружения. При этом оказывается, что энергоемкость (работа) погружения свай, поверхность которых обработана жидким стеклом, уменьшается на 18 %, раствором полиакриламида (ПАА) – до 27 %, бентонитовой пастой – до 32 % и эпоксидной смолой (ЭС) – на 35 %. Через 6 суток с момента погружения оказалось, что при обмазке свай жидким стеклом, их несущая способность по грунту основания существенно не повышалась, в то время как обмазка бентонитовой пастой, раствором ПАА и ЭС обусловили её увеличение на 27,4 и 23,7 %. Наблюдается также существенное уменьшение числа разрушенных и деформированных свай, что в итоге дает существенный экономический эффект.

Весьма эффективна подача глинистой суспензии или цементного раствора в зазор между сваями, имеющими выступы на боковой поверхности ствола, и грунтом. В этом направлении известно использование обмазок в технологии опускных колодцев (так называемое погружение колодца в тиксотропной рубашке), а также свай с использованием для подмыва воды, силикатных растворов, жидких цементно-песчаных растворов и суспензий на основе самонапрягающихся цементов. Энергоемкость, обмазанных таким образом свай снижается в 1,1...1,5 раза, хотя несколько и уменьшается несущая способность сваи по грунту основания.

И. В. ПИЦ, В. А. БИРЮК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Одной из крупномасштабных отраслей промышленности Республики Беларусь является производство бумаги. Широкое использование целлюлозно-бумажных изделий в быту и других сферах определяет высокий объем их производства, однако, параллельно образуется огромное количество отходов (древесная кора, низкосортные волокна, различные шламы и осадки, образующиеся при очистке сточных вод). Среди таких отходов, которые в большинстве случаев вывозятся в отвалы, где разлагаются под действием гнилостных бактерий в течение нескольких лет, наибольший интерес для керамической отрасли представляет, так называемый, скоп.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния отходов целлюлозно-бумажного производства на основные физико-технические свойства керамического кирпича, разработка составов масс и технологических режимов получения стеновых керамических материалов на их основе.

В качестве объектов исследования были выбраны составы опытных масс на основе белорусской красножгущейся глины месторождения «Гайдуковка», имеющей промышленное значение в производстве керамического кирпича, а в качестве выгорающей добавки использовали отход целлюлозно-бумажного производства – скоп.

Скоп представляет собой осадок сточных вод после первичной очистки, органическая часть которого составляет около 50 % и представлена в основном целлюлозными волокнами. Минеральная часть содержит до 90 % каолина. Гранулометрический состав представлен преобладанием фракций <0,025 мм (около 50 %).

При проведении экспериментов использовали скоп, образующийся на ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» с влажностью 39–40 % и плотностью 0,35 кг/м³.

Опытные образцы были изготовлены по традиционной пластической технологии. Влажность формовочной массы составляла 16–18 % и корректировалась с учетом влажности вводимых добавок. Отформованные образцы подвяливали в течение суток, высушивали в сушильном шкафу при температуре 100±5 °С и обжигали в электрической печи при температурах

950–1050 °С с выдержкой в течение 1 ч. Содержание поризующей добавки изменялось в пределах от 2,5 до 10 %.

Физико-химические свойства образцов испытывались по стандартным методикам. Установлены закономерности влияния количества используемой добавки на водопоглощение, плотность, пористость и механическую прочность синтезированных материалов.

Оценка основных эксплуатационных характеристик керамических образцов, полученных с использованием отхода производства бумаги, позволила установить его положительное влияние на характер изменения водопоглощения, пористости и прочности материалов.

Установлено, что при использовании в качестве порообразующей добавки скопа, прочность при изгибе материалов изменяется в интервале 5,97–9,24 МПа; прочность при сжатии образцов находится в пределах 16,82–17,4 МПа; усадка 4,2–5,9 %; кажущаяся плотность 1480–1692 кг/м³; водопоглощение 15,64–22,55 %; открытая пористость 28,03–32,49 %; коэффициент теплопроводности изменяется в интервале 0,28–0,430 Вт/(м·К).

Вместе с тем следует отметить, что при увеличении содержания в составах керамических масс скопа наблюдается рост предела прочности при изгибе до 10 МПа, что можно объяснить положительным влиянием минеральной составляющей скопа – каолином.

Основными кристаллическими фазами, присутствующими в образцах опытных составов являются α -кварц (α -SiO₂), гематит (α -Fe₂O₃) и анортит (CaAl₂Si₂O₈). Следует отметить, что для образцов с добавкой скопа характерно увеличение интенсивности дифракционных максимумов анортита, что можно объяснить присутствием в зольном остатке значительных количеств карбонатов и силикатов кальция, при разложении которых образуется CaO, который впоследствии связывается в анортит, повышая прочностные показатели материалов.

Определение опытных образцов на морозостойкость показало, что они могут выдерживать около 35 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что соответствует марке морозостойкости F 35.

Значения эффективной удельной активности радионуклидов ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th и ¹³⁷Cs в синтезированных материалах находятся в пределах до 35 Бк/кг и не превышают действующих норм содержания радиоактивных веществ в сырьевых материалах (370 Бк/кг).

Установлено оптимальное количество добавок, обеспечивающих: получение материалов с заданным комплексом свойств, формирование однородной структуры, оптимального фазового состава и равномерной окраски. Определены рациональные технологические режимы обжига материалов, обеспечивающие получение изделий, соответствующих требованиям СТБ 1719 и позволяющие решать актуальный вопрос утилизации крупнотоннажных отходов производства бумаги.

УДК 624.01

СПОСОБЫ УСТАНОВКИ ХОМУТОВ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОЛОННЫ

К. В. ЦЫГАНКОВ, Е. М. АМЕЛИН, И. Л. ОПАНАСЮК,
С. В. ДАНИЛОВ

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

Восстановление эксплуатационных качеств железобетонных конструкций в практике строительства, в большинстве случаев, реализуется их усилением различными способами с частичной передачей нагрузок на основания и фундаменты.

Следует выделить сплошное усиление железобетонных конструкций, когда восстанавливаются колонны, балки, плиты перекрытия и покрытия, и локальное усиление отдельных железобетонных конструкций. В первом случае, нагрузки от элементов усиления передаются на фундаменты через различные типы обойм усиления железобетонных колонн.

Во втором случае, при достаточной несущей способности колонн, нагрузки от усиленных железобетонных конструкций (разрезных и неразрезных балок и ферм) передают на колонны с помощью различных опорных узлов.

Существующие способы устройства опорных узлов элементов усиления затруднено ограниченным количеством возможных конструктивных решений. Так, например, устройство стальных опорных столиков, установленных на стальные хомуты колонн, редко применяют в практике усиления железобетонных конструкций из-за незначительной их несущей способности, которая зависит от величины обжатия хомутов болтами к колонне. Дополнительная приварка хомутов к рабочей арматуре не обеспечивает их надежную анкерровку.

Авторами разработаны технические решения по установке стальных столиков на колонны посредством заводки в тело железобетонных колонн дополнительных стальных сегментов либо стержней через прорези и отверстия в хомутах опорных стальных элементов.

Такие решения по анкерровке стальных опорных элементов хомутов на железобетонные колонны обеспечивают их расчетную несущую способность и эксплуатационные качества.

Приведенные способы анкерровки стальных хомутов к колоннам реализованы при восстановлении оголовков железобетонных колонн на складе клинкера ПРУП «Кричевцементношифер».

УДК 624.011
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ
КЛАДКИ СТЕН В НАРОДНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕЛАРУСИ

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

Изучение конструктивно-технологических решений народного строительства, накопленного опыта строительной техники, а также строительных материалов, используемых на территории Беларуси, является актуальным, вследствие того что основополагающие принципы возведения каменных строительных конструкций не потеряли актуальности в наше время.

Архитектурно-технологические решения и техника кладки в народном строительстве, отражающие уровень развития строительной техники, на первый взгляд просты и понятны. Но при этом они имеют глубокий познавательный смысл, так как раскрывают особенности конструирования, которые сложились в конкретных исторических и природно-климатических условиях Беларуси. Представленные на территории страны в XVII–XVIII вв. конструктивно-технологические решения каменных кладок (готическая, простая ренессансная, крестовая, голландская) предопределены особенностями экономических возможностей застройщика и степенью мастерства строителей. Но любые их варианты ориентированы не только на рациональное применение строительных материалов, но и на эффективное использование имеющихся ресурсов. Все основополагающие принципы конструктивно-технологических решений являются той основой, которая характеризует современный строительный процесс, например, обеспечение унификации конструкций и элементов на основании унификации типоразмеров, марок и самих конструкций. При этом расход строительных материалов определяется функциональной и конструктивной целесообразностью. В целом, анализ конструктивно-технологических решений показывает их энергоэкономичность (ориентация на применение местных материалов, использование бытового инструмента, использование транспорта).

Как следствие, несмотря на то, что производство строительных конструкций во многом основывалось на определенной инерционности, прослеживается неуклонное стремление к рациональным, основанным на эффективном использовании энергетических ресурсов, решениям. Повторение или вариативное использование уже известных и оправдавших себя решений практически гарантировало положительный результат. Необходимо внимательно относиться к наработанному опыту. Поэтому комплексное изучение конструктивно-технологических особенностей народного строительства позволит раскрыть комплексный характер народной культуры в целом и синкретическую основу ее проявлений в частности.

УДК 666.324
РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С УЛУЧШЕННЫМИ
ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

И. В. ПИЩ, В. А. БИРЮК, О. И. ШУГАЕВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь выпускаемая заводами стеновая керамика часто имеет низкую морозостойкость, составляющую 15–35 циклов.

Целью данной работы является разработка составов масс керамического кирпича с повышенной морозостойкостью на основе местных глин с использованием добавок – отходов различных производств.

В качестве основного глинистого сырья использовалась легкоплавкая глина месторождения «Щебрин» (Брестская область), которая является среднепластичной. По минеральному типу глина относится к каолинито-гидрослюдистым, а по суммарному содержанию оксидов алюминия и титана – к кислым. Глина неспекающаяся, низкотемпературного спекания.

В качестве флюсующего компонента в работе применялся бой светлого тарного стекла, использование которого обеспечивает появление расплава и заполнение им порового пространства. Это способствует лучшему спеканию, уплотнению керамического черепка, снижению пористости и водопоглощения.

В качестве отошающих добавок использовались сталеплавильные шлаки Минского тракторного завода и гранитоидные отсеvy Микашевичского ГОК.

Химический состав исходных компонентов приведен в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав исходных компонентов

Наименование компонента	Оксиды и их содержание, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
Гл. «Щебрин»	55,70	12,00	0,60	5,60	8,20	4,00	0,56	2,10	11,24
Стеклобой тарный	71,97	2,86	0,09	0,27	6,65	3,22	14,89	–	0,05
Гранитные отсеvy	65,70	15,08	0,45	5,36	4,20	1,60	3,52	2,77	1,32
Шлак сталеплавильный	46,50	8,92	0,62	12,44	23,66	3,39	0,32	3,39	0,76

Составы опытных масс представлены в табл. 2.

Табл. 2. Шихтовые составы масс

Состав	Содержание, мас. %			
	Глина «Щебрин»	Шлак сталеплавильный	Гранитные отсевы	Стеклобой
1	70	30	–	–
2	70	20	10	–
3	70	25	–	5

Все сырьевые компоненты измельчались до полного прохождения через сито № 1. В состав № 2 вводился механоактивированный сталеплавильный шлак с преобладающей фракцией 20–80 мкм – 70 %.

Образцы готовились методом пластического формования с влажностью 21–23 % и имели вид параллелепипеда с размерами 60×30×15 мм.

Высушенные образцы обжигались в электрической печи при температурах 950, 1000, 1050 °С с выдержкой 1 ч. На основании экспериментальных исследований установлено, что оптимальная температура обжига – 1000 °С.

Результаты исследования основных эксплуатационных свойств приведены в табл. 3.

Табл. 3. Значения эксплуатационных свойств

Состав	Общая усадка, %	Водопоглощение, %	Кажущаяся плотность, кг/м ³	Открытая пористость, %	Прочность при изгибе, МПа	Морозостойкость, циклов
1	5,9	15,0	1883	27,1	6,5	30
2	12,8	15,4	1863	28,6	12,2	50
3	5,1	6,6	2232	14,8	11,7	50

Из табл. 3 видно, что при вводе механоактивированного порошка сталеплавильных шлаков в составе № 2 увеличивается усадка, значительно увеличивается прочность при изгибе. Это связано с тем, что тонкодисперсные частицы оксидов кальция и железа легче образуют легкоплавкие соединения, образуя прочный монолит.

В состав № 1 вводился крупнозернистый шлак (< 1 мм), поэтому образцы имеют средние показатели и достаточно низкую морозостойкость, возможно из-за наличия большого количества опасных пор (0,1–200 мкм).

При вводе 5 % стеклобоя процесс спекания резко интенсифицируется, о чем свидетельствуют данные по плотности и пористости. Образцы обла-

УДК 624.012.4

НАРУШЕНИЯ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕПРОВОДОВ, ВЫЗВАННЫЕ ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИЕЙ

В. В. ТАЛЕЦКИЙ, А. В. СТЕПАНОВА

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Для установления влияния воздействия солевых антиобледенителей на конструкции из высокопрочного бетона проведено обследование состояния железобетонных пролетных строений, поперечных балок и опор путепроводов г. Гомеля с различными сроками эксплуатации: путепровод Кузнечный I (введен в эксплуатацию в 1962 г.), путепровод Кузнечный II (1972 г.), путепровод в конце ул. им. Барыкина (1972 г.), путепровод по ул. Могилевской (1988 г.), путепровод через ж/д пути ст. Гомель - Северный (1982 г.), путепровод через ж/д пути по пр. Космонавтов (1976 г.), путепровод по ул. Крупской (1976 г.), путепровод по ул. Советской (2000 г.), путепровод по ул. Ильича (1973 г.).

Предварительным осмотром определялись конструкции и отдельные участки конструкций, которые подвергались увлажнению атмосферными осадками. Вместе с атмосферными осадками эти же конструкции, или их участки, подвергались воздействию растворов солевых антиобледенителей.

При обследовании конструкций проверялась прочность бетона защитного слоя, состояние арматуры и отбирались образцы бетона для лабораторного исследования проникновения и содержания хлора в бетоне. Определялась концентрация хлора по глубине защитного слоя бетона и возле арматуры и значения сравнивались с предельной концентрацией, то есть концентрацией хлора, при которой начинается коррозия арматуры.

В неудовлетворительном состоянии находятся следующие конструкции. Наружная поверхность крайних балок пролетного строения, подвергающаяся воздушно-капельному увлажнению с тротуаров и проезжей части из-за недостаточной гидроизоляции тротуаров и некачественного асфальтового покрытия тротуаров. Участки балок и опор в местах расположения воронок для водоотвода, которые не обеспечивают защиту конструкций из-за не верного их расположения или не достаточной длины отводящей трубы. Балки крайних пролетных строений (их концы) и поперечные балки у деформационных швов, подвергающиеся увлажнению атмосферными осадками, беспрепятственно проходящими через деформационные швы.

В результате обследования путепроводов установлено, что основные дефекты связаны с несовершенством системы водоотвода и гидроизоляции, не защищающей должным образом конструкции от увлажнения и агрессивного воздействия солевых антиобледенителей.

УДК 624.012.4

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ХЛОРИДОВ

А. В. СТЕПАНОВА

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Одной из наиболее распространенных агрессивных эксплуатационных сред для многих конструкций инженерных сооружений является агрессивная хлоридсодержащая среда.

Среди основных источников хлоридного загрязнения элементов конструкций железобетонных мостов и путепроводов можно выделить «соли-антиобледенители», применяемые в зимний период при гололеде с целью обеспечения безопасности проезда автотранспорта.

Для прогнозирования срока службы железобетонных конструкций при воздействии хлоридов предлагается вероятностная модель. Основная зависимость модели предполагает, что вероятность разрушения $P_{f,tg}$ не должна превышать максимально возможную вероятность разрушения железобетонной конструкции $P_{f,max}$:

$$P_{f,tg} = P\{t_L - t_g\} < P_{f,max}.$$

В этом случае, расчетный срок службы железобетонной конструкции t_L , должен быть больше заданного (назначенного) срока службы t_g .

Расчетный срок службы железобетонной конструкции рассматривается как функция параметров, зависящих от времени эксплуатации. Коэффициент диффузии ионов хлора, проникающих в бетон $D(t)$, учитывает условия окружающей среды, характеристики материала и напряженно-деформированного состояния конструкции.

Окончательно, расчетный срок службы железобетонной конструкции представляется в виде:

$$t_L = f[D(t), x_c(t), w_{cr}(t), f_{cd}(t), A_s(t)].$$

Предложенная вероятностная модель позволяет учитывать механику деформирования, напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций и влияние внешних агрессивных воздействий.

дают низким водопоглощением, поэтому изделия на основе этого состава масс пригодны при использовании их в качестве лицевого кирпича. Стеклобой является легкоплавким компонентом, который уже при 550 °С начинает размягчаться. При повышении температуры до 1000 °С маловязкий расплав хорошо заполняет поры, скрепляя и упрочняя черепок.

Фазовый состав образцов представлен, в основном, α -кварцем, анортитом, гематитом, а также, частично диопсидом, маггемитом, герцинитом.

Морозостойкость образцов увеличивается с увеличением содержания фазы анортита.

Можно сделать вывод, что наиболее морозостойкие образцы могут быть получены при использовании компонентов в следующем соотношении:

– глина «Щебрин» – 70 %; механоактивированный сталеплавильный шлак – 20 %; гранитоидные отсеивы – 10 % (морозостойкость составила 50 циклов);

– глина «Щебрин» – 70 %; сталеплавильный шлак – 25 %; стеклобой – 5 % (морозостойкость составила 50 циклов).

УДК 574
УЧЕТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ,
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В БАССЕЙНЕ
ПОДЗЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕКИ

А. Г. ПОЛЯКОВ, Л. А. КОСТЮКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
«АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»
Могилев, Беларусь

При размещении, проектировании и строительстве систем и сооружений необходимо учитывать наличие на освоенной территории источников неблагоприятных техногенных воздействий и разнообразные виды воздействий на все элементы природной среды. Это позволит сделать прогноз возможных изменений, проследить "цепные реакции", происходящие в природе в результате инженерно-хозяйственных воздействий, предусмотреть нежелательные изменения и применить комплекс мер по охране природной среды и мероприятия по защите территорий, зданий и сооружений от опасных природных и техногенных процессов.

Для целенаправленного изучения, оценки и контроля влияния различных источников техногенных воздействий на окружающую (в том числе геологическую) среду, необходимо рассмотреть весь комплекс воздействий от всех существующих и потенциальных источников, расположенных в бассейне подземного и поверхностного стока реки, в пределах которого будет несколько систем комплексных техногенных воздействий на окружающую среду.

Любая рассматриваемая территория будет насыщена водонесущими коммуникациями, из-за нарушений условий их эксплуатации и коррозии трубопроводов допускаются утечки в больших объемах. В толще техногенных отложений постепенно формируется новый водоносный горизонт, уровень которого со временем повышается, вызывая подтопления. Техногенные подземные воды отличаются от природной верховодки химическим составом: содержат повышенную концентрацию хлоридов, бикарбонатов, сульфатов, нитратов, ионов калия и натрия, магния, обладают агрессивностью по отношению к фундаментам зданий и сооружений, железобетону, металлам. Следствием подтопления является скопление воды в подвалах производственных помещений и жилых зданий, отсыревание фундаментов и стен, усиливает коррозии трубопроводов. Морозное пучение грунтов приводит к снижению их несущей способности, а это, в свою очередь, приводит к деформации фундаментов и разрушению зданий. Возникает необхо-

касающиеся с ними. После усиления, смонтированные распорки выпрямляют с помощью натяжных болтов до вертикального положения, а затем закрепляют приваркой планок. После этого монтажные и стяжные болты снимаются. Установленные распорки окрашивают масляной краской или штукатурят по металлической сетке для предохранения от коррозии.

Усиление железобетонных колонн достигается также наращиванием и устройством железобетонных рубашек. Наращивание может осуществляться на всю высоту колонны или на отдельных, наиболее перегруженных, участках. При наращивании вскрывается защитный слой бетона и обнажается арматура колонны, к которой привариваются с помощью хомутов новые стержни добавочной арматуры. После установки арматуры производится бетонирование обычным способом или торкретирование.

Для усиления кирпичной кладки столбов и простенков применимы традиционные технологии, основанные на использовании металлических и железобетонных обойм и каркасов, инъектирования в тело кладки полимерцементных и других суспензий. Каменная кладка хорошо работает на сжимающие усилия, поэтому наиболее эффективным способом ее усиления является устройство обойм. В обойме кладка работает в условиях всестороннего сжатия, в результате увеличивается сопротивление продольной силе и значительно уменьшаются поперечные деформации.

Усиление свободно стоящих железобетонных колонн выполняют методом наращивания сечения в виде железобетонной обоймы; с помощью металлических уголков и хомутов; стальными обоймами; отдельными стержнями; усиливающими сечение рабочей арматуры. Часто приходится усиливать колонны, примыкающие к наружным и внутренним стенам, основной технологией в этом случае является устройство железобетонной рубашки. В процессе усиления необходимо тщательно очистить поверхность колонны, сделать насечки, установить и приварить дополнительный арматурный каркас, осуществить нагнетание бетонной смеси в полость. Большого эффекта можно достичь при ярусном бетонировании усиливаемой колонны. В этом случае торцевая опалубка монтируется отдельными ярусами. После заполнения бетонной смесью полости первого яруса, наращивают торцевой щит и цикл повторяется.

Таким образом, большое значение имеет проблема сохранения и восстановления эксплуатационных качеств несущих конструкций существующих зданий и сооружений без разрушения целостности и без замены конструкций новыми. Экономическая эффективность капитальных вложений в реконструкцию значительно выше, чем в новое строительство, окупаемость также повышается в 2-2,5 раза. Экономия всех видов ресурсов является важнейшей задачей для Республики Беларусь, в том числе и для строительной отрасли, которая формирует стоимость строительной про-

С. Д. СЕМЕНЮК, И. И. МЕЛЬЯНЦОВА

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

Обстоятельства изыскания резервов приобретают для строительства особенное значение. Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь принят комплекс нормативных правовых документов, направленных на снижение материалоемкости и стоимости строительства, требует внедрения в строительную практику новых эффективных и экономичных конструктивных систем и решений. В связи с этим был разработан и успешно внедрен ряд уникальных методов усиления сжатых железобетонных элементов.

Усиление кирпичных столбов и колонн достигается различными способами: нагнетанием цементного раствора в трещины; путем увеличения их сечения; установкой железобетонных или металлических обойм; предварительно напряженных металлических распорок и клонированием. Для увеличения сечения кирпичных столбов устраивается штраба посредством разборки старой кладки на глубину кирпича. Для усиления существующей кладки добавляются металлические штыри диаметром 6–8 мм, затем производится кладка нового кирпича. Устройством железобетонных обойм укрепляются кирпичные, стальные и железобетонные колонны. Поверхность колонны очищается от штукатурки, окраски, ржавчины; на кирпичных и железобетонных колоннах производится насечка поверхностей зубилом и обработка металлической щеткой. Бетонирование производится ярусами, снизу вверх. По окончании бетонирования первого яруса выполняется опалубка последующего верхнего яруса и производится дальнейшее бетонирование. Устройство железобетонной обоймы может производиться также торкретированием с помощью цемент-пушки. При этом способе – бетон наносится слоями толщиной 2-3 см. Колонны усиливают также металлическими обоймами, которые состоят из уголков, соединенных приваренными планками или хомутами.

Усиление железобетонных колонн выполняется и с помощью распорок, которые устраиваются с одной или двух сторон колонны. Каждая распорка состоит из двух уголков, связанных между собой приваренными соединительными планками. Вверху или внизу распорки укрепляют специальными планками-упорами, которые упираются в упорные уголки. Непосредственно к уголкам-упорам примыкают упорные планки, плотно сопри-

димось ремонта и реконструкции сооружений, замены трубопроводов, что требует больших материальных затрат.

Значительно усложняется жизнь людей и работа многих предприятий в период ливневых дождей, когда из-за подпора поверхностного стока происходит искусственное заболачивание, а иногда и подтопление пониженных мест дождевыми водами на длительный срок. Причиной этого являются: плохая организация ливневого стока и неудовлетворительная работа водопропускных устройств. Аналогичные последствия отмечаются при скоплении технических вод в результате аварийных выбросов и утечек из тепломагистралей и водоводов. Все это приводит к ухудшению микроклимата, из-за сырости размножаются различные насекомые, нарушаются санитарные нормы.

Для предупреждения активизации опасных геологических процессов и предотвращения загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод предусматриваются профилактические мероприятия по охране и улучшению природной среды, а также по защите территории от опасных геологических процессов.

Для защиты от подтопления подземными водами предусматриваются следующие мероприятия: понижение уровня подземных вод системой дренажа; устранение утечек из резервуаров подземных коммуникаций; строительство открытого дренажа ливневых стоков. Заболачивание территории, и как следствие этого, морозное пучение устраняется следующими мероприятиями: регулирование поверхностного стока; повышение отметок рельефа; мелиорация. Для защиты от грунтовой коррозии предусматривается антикоррозионная защита подземных сооружений и трубопроводов. При разработке канализационных сетей и очистных сооружений предусматриваются мероприятия, которые направлены на максимально возможную защиту окружающей среды от вредных воздействий. Разработанные очистные сооружения должны обеспечить требуемую степень очистки и практически исключать сброс загрязненных производственных сточных вод.

Вышеперечисленный комплекс мер улучшения окружающей среды и защиты существующих и проектируемых сооружений позволяет обеспечить надежность эксплуатации сооружений, создать благоприятные и безопасные условия для работников предприятий, улучшить экологическую ситуацию в населенном пункте.

УДК 625.8
УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРЕШЕТОК

Т. А. ПОЛЯКОВА, В. С. ПОЧТЕННАЯ, В. Е. ПЕТРОВСКИЙ
Государственное учреждение профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Георешетка является одним из высокотехнологичных изделий, которое позволяет улучшить качество строительных работ при уменьшении их трудоемкости и материалоемкости. Применяя георешетку, можно уменьшить толщину слоя, не потеряв его прочности, или увеличить его несущую способность без увеличения толщины. Экономия получается за счет уменьшения объема привозного материала насыпи или слоя дорожного покрытия.

Являясь армирующим звеном, георешетка значительно уменьшает горизонтальный сдвиг материала, заполняющего ее ячейки, при воздействии на него вертикальной сосредоточенной нагрузки. При этом замедляется деформация слоев дорожных одежд, насыпей, увеличивается срок их службы.

Георешетка представляет собой модульную сотовидную конструкцию из полос с высокой прочностью на растяжение. Георешетки высотой от 50 до 300 мм и с различными размерами ячеек выпускаются разными производителями и свободно продаются. В конструкции георешеток используются гладкие или рифленые ленты из высокопрочного полиэтилена или другого синтетического материала, которые соединены между собой с помощью ультразвуковой сварки герметичным швом, что, в ряде случаев, затрудняет фильтрацию влаги в армируемом слое.

Был произведен сравнительный анализ наиболее часто используемых в дорожной отрасли георешеток V-cell (из полиэтиленовых полос), Erocell 25 (из геотекстильной ленты Tetram 4000), КОМЕТА-2001 (из полиэфирного иглопробивного полотна толщиной 4,5 мм) по основным физическим характеристикам.

Анализ показал, что наилучший предел прочности ленты при растяжении и наибольшая прочность шва у георешетки Erocell 25. А у георешетки КОМЕТА-2001 наибольшее удлинение ленты при максимальной нагрузке. Наименьшая прочность шва у георешетки V-cell.

Обоснованное и правильное применение георешеток в строительстве и реконструкции дорог позволит повысить их несущую способность, долговечность и безопасность.

ность. Так для сечения $_||_ 125 \times 8$ эта величина составляет $e=0,359$ см, для сечения $_|| 140 \times 90 \times 8$ соответственно $e=0,367$ см.

При больших гибкостях возможна расцентровка как в сторону пера, так и в сторону обушка. Для сечения $_||_ 125 \times 8$ при $\lambda=100$, $\lambda=120$ имеем эксцентриситеты приложения нагрузки в сторону обушка соответственно: $e=0,606$ см, $e=0,821$ см, в сторону пера соответственно: $e=0,347$ см, $e=0,491$ см.

Для сечения $_|| 140 \times 90 \times 8$ при $\lambda=100$, $\lambda=120$ имеем эксцентриситеты приложения нагрузки в сторону обушка соответственно: $e=0,617$ см, $e=0,832$ см, в сторону пера соответственно: $e=0,444$ см, $e=0,637$ см.

Численные исследования показали, что для сжатых поясов ферм, имеющих закрепления в каждом узле и для опорных раскосов рационально сечение из двух неравнополочных уголков составленных тавром узкими полками врозь. Расцентровка для такого сечения возможна при гибкости больше 80. Стержни, составленные тавром, из двух равнополочных уголков целесообразно применять в промежуточных сжатых элементах при этом расцентровка также возможна при гибкости 80 и выше.

Для рам наиболее выгодным сечением по несущей способности в плоскости действия силы, приложенной с эксцентриситетом, является двутавр. Но поскольку изгибная жесткость из плоскости, примерно в 4 раза ниже, чем в плоскости действия нагрузки, требуется дополнительное закрепление сечения из плоскости действия нагрузки.

УДК 621.643.004.15
 К РАСЧЕТУ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ
 СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С. Д. СЕМЕНЮК, Ю. М. ИВАНОВ, А. В. БЕРЕСТОВА
 Государственное учреждение высшего профессионального образования
 «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 Могилев, Беларусь

В численном эксперименте по выявлению несущей способности сжатых элементов ферм рассматривались четыре сечения:

– сечение из двух равнополочных уголков составленных тавром $_||_$
 125×8 с $A=19,69 \text{ см}^2$, $i_x=3,87 \text{ см}$, $i_y=5,46 \text{ см}$;

– сечение из двух неравнополочных уголков составленных тавром $_||_$
 $140 \times 90 \times 8$ с $A=18,00 \text{ см}^2$, $i_x=4,49 \text{ см}$, $i_y=2,58 \text{ см}$;

– сечение из $_||_$ № 27 с $A=40,2 \text{ см}^2$, $i_x=11,2 \text{ см}$, $i_y=2,54 \text{ см}$;

– трубчатое сечение $\varnothing 219$ мм с $A=40,2 \text{ см}^2$ при $S=6 \text{ мм}$, $i=7,5 \text{ см}$.

Для уголков, двутавра и кольцевого сечения рассматривались два фактора влияющие на несущую способность сжатого элемента – расцентровка в пределах от 0 до 30 мм и гибкость от 40 до 120. Расчет несущей способности элементов ферм производится относительно оси “х”, т.е. в плоскости фермы.

Принимая во внимание, что в нормативные документы при центральной сжатии заложено условие, учитывающее прогибы стержней, расцентровку и имеющиеся ослабления в виде вырезов, их расчет необходимо производить с учётом эксцентриситета приложения силы

$$e = \frac{i}{20} + \frac{l_0}{750},$$

где i – радиус инерции сечения; l_0 – расчетная длина стержня.

Проведенные численные исследования показали, что в зависимости от роста гибкости стержня расцентровка не влияющая на несущую способность может увеличиваться. Так для двутавра № 27 при гибкости стержня $\lambda=40$, эксцентриситет, не влияющий на несущую способность $e=0,502 \text{ см}$. При гибкостях $\lambda=60$, $\lambda=80$, $\lambda=100$, $\lambda=120$ значения эксцентриситетов: $e=0,608 \text{ см}$, $e=0,913 \text{ см}$, $e=1,565 \text{ см}$, $e=2,239 \text{ см}$.

Для трубы $\varnothing 219$ мм $S=6$ мм при гибкостях $\lambda=40$, $\lambda=60$, $\lambda=80$, $\lambda=100$, $\lambda=120$ получены следующие значения эксцентриситетов: $e=0,354 \text{ см}$, $e=0,432 \text{ см}$, $e=0,625 \text{ см}$, $e=1,052 \text{ см}$, $e=1,479 \text{ см}$.

Для стержней из уголков составленных тавром при гибкости $\lambda=80$ и расцентровке в сторону пера несущая способность снижается, но в сторону обуха возможен эксцентриситет, не влияющий на его несущую способ-

УДК 691.5:666.96
 ШЁЛКОВАЯ ДЕКОРАТИВНАЯ ШТУКАТУРКА

Р. П. СЕМЕНЮК, М. А. СЛАВИНСКАЯ, М. А. КЛИМЕНКОВА
 Государственное учреждение высшего профессионального образования
 «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 Могилев, Беларусь

С развитием производства строительных отделочных материалов все больше требований предъявляется к упрощению и удешевлению технологии изготовления составов. Поставленная задача имеет ряд решений. Наиболее рациональное – использование вторичного сырья текстильной и бумажной промышленности в качестве композиционного наполнителя в отделочной строительной смеси. Это позволяет снизить стоимость готовой продукции, сократить срок окупаемости материала.

Разработанная сухая смесь представляет собой композицию растительных, целлюлозных и полиэфирных волокон, клеевого состава. Шёлковая декоративная штукатурка отличается хорошей адгезией к основанию, повышенной пластичностью, простотой приготовления и нанесения (табл. 1). Материал экологически чист. Полученный состав может использоваться для внутренней отделки стен жилых и общественных зданий. Свойства материала регулируются за счёт процентного отношения составляющих компонентов и толщины защитного слоя. Была изготовлена и испытана в лабораторных условиях серия образцов, а элементы декоративной отделки были внедрены в производство.

Табл. 1. Технические характеристики материала

Показатели свойств	Значения показателей
Расход воды, л/кг	4
Насыпная плотность, кг/м ³	850–1050
Адгезия, МПа	1,0–1,3
Время использования, ч	2,5
Рекомендуемая толщина слоя, мм	2–3
Рабочая температура, °С	5–20
Время высыхания, ч	24–36
Токсичность	Отсутствует
Средний расход, кг/м ²	0,55–0,85

УДК 691.5:666.96

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИУРИТАНА
ЗАО «ЗАВОД ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ» Г.МОГИЛЕВА

Р. П. СЕМЕНЮК, А. В. БОГДАНОВ, Д. В. БОБОВИК

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

Проблема утилизации вторичного полимерного сырья остается до конца неразрешенной уже много лет. Разрабатываются специальные программы по решению научно-технической проблемы, связанной с созданием и внедрением новых технологических процессов, обеспечивающих максимальное использование и обезвреживание промышленных и бытовых отходов.

Решение этих проблем невозможно без организации сбора, сортировки и первичной обработки отработанных материалов и изделий; без разработки системы цен на вторичное сырье, стимулирующей предприятия к их переработке; без создания эффективных способов переработки вторичного полимерного сырья; без разработки номенклатуры выпускаемых изделий из этого сырья.

Авторами проведен поиск возможности утилизации отходов пенополиуритана ЗАО «Завод полимерных труб» г. Могилева. Отходы использовались как наполнитель, что позволило уменьшить плотность и улучшить теплоизоляционные свойства легкого бетона.

В процессе исследования была изготовлена серия образцов из гипсового вяжущего, полимерного наполнителя и воды. В результате получен материал со средней плотностью 600 кг/м^3 , теплопроводностью $0,122 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ и пределом прочности на сжатие $0,65 \text{ МПа}$.

Из полученного материала можно изготавливать гипсopolyмерные плиты и блоки, которые относятся к группе негорючих материалов и могут применяться для устройства межсекционных и межквартирных перегородок в зданиях различного назначения с нормальным и сухим режимом помещений. Лицевая поверхность плит и блоков может быть оклеена пленкой, стеклообоями, окрашена либо лакирована. Материал обладает достаточной прочностью, небольшой плотностью, хорошими звуко- и теплоизоляционными свойствами.

УДК 691.5:666.96

АКУСТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАСТВОРЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Р. П. СЕМЕНЮК, Р. А. АБУШКЕВИЧ, Я. В. САПОЖНИКОВ

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

Интерес к проблеме использования полимерных отходов обусловлен необходимостью их утилизации, уменьшения загрязнения окружающей среды, возможностью внедрения новых способов переработки отходов в полезные продукты.

Непригодные для повторного использования полимерные отходы вывозятся на свалку, и тем самым, загрязняют окружающую среду или сжигаются. Сжигание является неэффективным методом утилизации, так как происходит образование сажи от неполного сгорания полимерных продуктов и выделение токсичных газов, что загрязняет воздушный и водный бассейны.

В городе Могилеве существует ЗАО «Завод полимерных труб», занимающийся выпуском труб, теплоизолированных пенополиуретаном. В результате неполного использования пенополиуретана образуется большое количество сложно перерабатываемых отходов. При вывозе на свалку предприятие платит около 200 тыс. рублей за одну тонну отходов.

Предметом исследования явились измельченные отходы пенополиуретана, используемые в качестве мелкого наполнителя для изготовления акустических и теплоизоляционных растворов. Такие растворы применяют вместо обычных штукатурных с целью повышения теплоизоляционных свойств или придания им звукопоглощающих свойств.

По традиционной технологии в таких растворах в качестве наполнителей применяют перлитовые, керамзитовые и аглопоритовые пески, а проведенные исследования подтверждают возможность использования взамен их измельченные отходы пенополиуретана.

Для акустических растворов необходимо применять однофракционные зерна крупностью $3 \dots 5 \text{ мм}$. Количество вяжущего вещества и зерновой состав наполнителя должны обеспечивать незамкнутую открытую пористость раствора. В теплоизоляционных растворах можно использовать наполнители крупностью $0,16 \dots 2,5 \text{ мм}$. Вяжущими веществами в растворах могут являться портландцемент, гипс, известь или их смеси.

Такие растворы можно применять в общественных и жилых зданиях, в том числе в больницах, читальных и концертных залах, студиях звукозаписи, компьютерных классах и др.