

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

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, 22–23 апреля 2010 г.

Могилев
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
2010

УДК 625.7 : 624 : 620.179«324»(043.2)
ББК 39.12 : 74.58 : 34.9
М34

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

Рецензенты : канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк; канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев

М34 **Материалы,** оборудование и
ресурсосберегающие технологии: материалы
международ. науч.-техн. конф. : В 3 ч. / М-во
образования Респ. Беларусь, М-во образования и
науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по
образованию, 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, 2010. – Ч. 2. –
319 с. : ил.
ISBN 978-985-492-083-2.

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 625.7 : 624 : 620.179«324»(043.2)
ББК 39.12 : 74.58 : 34.9

ISBN 978-985-492-083-2 (Ч.2)
ISBN 978-985-492-081-8

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2010

Научное издание

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Часть 2
Могилев, 22–23 апреля 2010 г.

**Авторы несут персональную ответственность
за содержание тезисов докладов**

Технический редактор И.В. Брискина

Компьютерная верстка И.В. Брискина

Подписано в печать 06.08.2010г. Формат 60х84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 18,54. Уч.-изд.л. 20,18.
Тираж 210 экз. Заказ № 566.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Лицензия ЛВ 02330/375 от 29.06.2004г.
212005, г.Могилев, пр.Мира, 43.

упругости асфальтобетона по кривой разгрузки при индентировании.....	280
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Совершенствование и результаты применения методики магнитного контроля качества отпуса среднеуглеродистых сталей.....	282
САНДОМИРСКИЙ С.Г., СИНЯКОВИЧ Э.Б. Результаты контроля толщины ТВЧ-закаленного слоя протяженных объектов по остаточному магнитному потоку.....	284
СЕРГЕЕВ С.С., ГЛЯКОВ Е.С. Волоконно-оптическая измерительная система для контроля состояния промышленных объектов.....	286
СОТСКИЙ А.Б., БЕЛЬСКАЯ О.А., СОТСКАЯ Л.И. Капиллярное фотонно-кристаллическое волокно для сенсорных приложений.....	288
СТАРОВОЙТОВА Н.А., СТАРОВОЙТОВ А.М. Анализ степени выгорания катода плазмотрона по звуковому спектру работающего оборудования.....	290
ТКАЧЕВ Д.В., СТАРОВОЙТОВ Л.Е. Контроль качества подложек для фотовольтаических элементов.....	291
ФРАНЦКЕВИЧ К.В. Определение содержания молибдена в пробах биологических объектов.....	293
ХОМЧЕНКО А.В., ГУЗОВСКИЙ В.Г., ПРИМАК И.У., ШЕВЧЕНКО Г.П., КОРНЕЕВА И.А. Интегрально-оптический датчик на основе нанослоев оксидов и оксидных полупроводников.....	294
ЦУПРЕВ Н.И. Проблема анализа и распознавания речи.....	295
ЦУПРЕВ Н.И. Предварительная обработка сигналов.....	297
ЦУПРЕВ Н.И., ПРУДНИКОВ В.М. Исследование влияния интегральных преобразований на структуру сигнала.....	299
ЧУДАКОВСКИЙ П.Я., СОТСКИЙ А.Б., ПРИМАК И.У. Проблема фильтрации эффекта рассеяния света в волноводной спектроскопии тонких пленок.....	300
ЧУРИЛО В.Р., ШАРАНДО В.И. Магнитодинамический метод контроля по измерениям индукции в приложенном поле и остаточной индукции.....	301
ШАРАНДО В.И. Магнитодинамические преобразователи для контроля покрытий сантиметрового диапазона.....	303
ШИЛОВ А.В., НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И. Оценка индикаторных рисунков дефектов на визуализирующей магнитные поля пленке после отключения намагничивающего поля.....	305
ШУЛЬГА А.В. Разрешающая способность тонкопленочного спектроанализатора.....	307

УДК 621.9 НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МАШИН

О.В. АЛЕКСЕЕВА, Л.И. БЕЛОУСОВ

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

В данной работе исследовалась нагруженность стрел кранов с различным очертанием решеток и поясов, влияние отдельных конструктивных и технологических факторов на нагруженность металлоконструкции, а также возможные пути снижения металлоёмкости и повышения надёжности металлоконструкции кранов.

Предварительные проектировочные расчеты металлоконструкции стрел кранов показали, что в конструкции заложен необоснованно большой коэффициент запаса прочности. Это приводит к росту металлоёмкости машины, причём стрелы кранов являются неравномерно нагруженной конструкцией, то есть ее элементы имеют неодинаковый запас прочности.

С целью разработки равномерно нагруженной конструкции стрелы, оптимальной по металлоемкости, исследовалась возможность применения комбинированных конструкций, изготовленных из материалов с различными механическими свойствами. Материалы подбирались, исходя из соотношений между пределами прочности и упругости в соотношении 1:2 или 1:3 для равномерной деформации, а также нагрузки отдельных элементов. Несущие элементы, испытывающие максимальные нагрузки, выполняются из стали с пределом прочности 800 МПа, а менее нагруженные и нулевые элементы предлагается изготавливать из дюралюминия или других алюминиевых сплавов. При этом модули упругости первого и второго рода для стали и дюралюминия соотносятся как 3:1, то есть деформации изделий из дюралюминия примерно в 3 раза превышают деформации стальных изделий, при тех же нагрузках. При замене стали на дюралюминий в отдельных элементах конструкции следует учитывать величину деформаций с целью обеспечения условия жесткости конструкции. Ввиду равенства коэффициента Пуассона, для обоих материалов, соотношения между продольными и поперечными деформациями остаются неизменными. В связи с тем, что объемная масса дюралюминия примерно в 3 раза меньше чем у стали, существенно снижается общая масса машины. Использование комбинированных механических конструкций позволяет снизить материалоемкость, стоимость и другие показатели, а также проектировать равнопрочные конструкции машин и механизмов.

Г.Л. АНТИПЕНКО, М.Г. ШАМБАЛОВА

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

При углубленном диагностировании механической трансмиссии мобильной машины требуется дать заключение о техническом состоянии сцепления, коробки передач, карданной и главной передач. Для решения такой задачи требуются специализированные стенды. Как правило, эти стенды реализуют виброакустические методы диагностирования трансмиссии и включают в себя пассивные или приводные барабаны, на которые устанавливается автомобиль, а также средства виброизмерений и компьютерной обработки результатов. Диагностирование зубчатых передач по виброакустическим сигналам является достаточно сложным, трудоемким в обработке информации, но технологичным процессом. По виброакустическим параметрам судить о состоянии зубчатых зацеплений сложно из-за большого числа виброактивных элементов, создающих помехи, влияющие на диагностический параметр. Большие проблемы при диагностировании дефектов зубозацепления на практике вызывает отсутствие нормативной информации по допустимым уровням как всего вибросигнала, так и отдельных его составляющих и гармоник. Поэтому большое значение в диагностике состояния зубчатых пар приобретает процедура сравнения спектра текущего вибросигнала со спектром вибросигнала, зарегистрированного в предыдущем замере, или в замере, который был выполнен на заведомо исправной трансмиссии.

С другой стороны, появление единичного дефекта зуба, являющегося признаком скорого разрушения сборочной единицы, определить по спектру вибросигнала достаточно трудно. Такой дефект вызывает кинематическую неравномерность вращения выходного вала трансмиссии. Динамические усилия, связанные с дефектами зубьев, могут превышать передаваемую полезную нагрузку в 2 – 3 раза и более. Но замерять и контролировать этот параметр достаточно сложно. Поэтому необходимо найти такой диагностический параметр, который бы позволял однозначно определять техническое состояние зубчатых зацеплений. При этом информативность диагностического параметра должна быть достаточно высокой.

Ресурс трансмиссии, в основном, определяется состоянием зубчатых зацеплений. Оно оценивается величиной суммарного углового зазора, характеризующего боковой износ зубьев и кинематической неравномерно-

КСЕНОФОНТОВ М.А., ПОЛЯКОВ А.В., ВАСИЛЬЕВА В.С. Оптоэлектронное устройство контроля концентрации кислорода....	254
ЛЕНКЕВИЧ Р.И., ГРИШАНОВИЧ В.В., КУРНОВИЧ А.В. К вопросу об инженерно-экологических изысканиях.....	256
ЛЮБЕЦКИЙ Н.В., МИХНЕВ В.А. Создание микроволновых преобразователей для контроля влажности строительных материалов.....	258
МАГИЛИНСКИЙ А.П. Сравнительный анализ неразрушающих методов контроля поверхностных дефектов.....	260
МАКАРЕВИЧ С.Д., ФОМЧЕНКО М.М. Разработка и исследование отдельных характеристик стенда для динамических испытаний шлема пожарного.....	261
МАТЮК В.Ф., ОСИПОВ А.А., БУРАК В.А. Оценка стабильности формирования амплитуды намагничивающих импульсов в приборах типа ИМА-6.....	262
МАТЮК В.Ф., ОСИПОВ А.А., СТРЕЛЮХИН А.В. Распределение остаточной магнитной индукции вдоль ферромагнитного стержня круглого сечения.....	264
МИГУН Н.П., ВОЛОВИЧ И.В. Влияние свойств дефектоскопических материалов на эффективность капиллярной дефектоскопии.....	266
МЯКОТА В.Г. Методологические подходы к оценке экологического риска на трассах магистральных трубопроводов....	268
НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И., КУШНЕР А.В. Магнитное поле в зоне поверхностного дефекта объекта намагниченного стационарным малогабаритным магнитом.....	270
ПОЗДНЯКОВ В.Ф., МАРКОВ А.П., ПИВОВАРОВА Е.В. Дистанционная профилюскопия деталей с пространственно распределенной конфигурацией.....	272
ПОПЕЧИЦ В.И., КРАВЦОВА О.Н. Визуальный радиационный контроль промышленных объектов и окружающей среды с помощью растворов красителей и пигментов.....	274
ПРИМАК И.У., ХОМЧЕНКО А.В., КОВАЛЕНКО О.Е., ГУЗОВСКИЙ В.Г., ШУЛЬГА А.В., ВОЙТЕНКОВ А.И., КУЛЬБЕНКОВ В.М. К проблеме контроля распределения механических напряжений в автомобильных закаленных стеклах....	276
ПРИМАК И.У., ХОМЧЕНКО А.В., ШУЛЬГА А.В., ДАНИЛОВИЧ С.Г. Волноводная спектроскопия планарных усилителей.....	277
РАБЦЕВИЧ А.В. Исследование пластических свойств металла методом многократного динамического индентирования.....	278
РУДНИЦКИЙ В.А., КРЕНЬ А.П. Определение модуля	

Краевые волны, возбуждаемые поверхностной волной на кромке выступа.....	226
БАЕВ А.Р., МАЙОРОВ А.Л., ГУДЕЛЕВ В.Г., КОСТЮК Д.А. Особенности возбуждения и формирования поля упругих волн импульсным лазерным излучением в твердых телах.....	228
БАЕВ А.Р., СЕРГЕЕВА О.С., ПАРАДИНЕЦ В.В., ГИЛЬ Н.Н. Создание акустического контакта при вводе-приеме сдвиговых волн.....	230
БОРИСОВ В.И., КАРПЕНКО А.В. Радиоволновой датчик перемещений на связанных диэлектрических СВЧ-волноводах.....	232
БОРИСОВ В.И., ШИЛОВА И.В. Волоконно-оптический датчик на основе межмодовой интерференции.....	233
БРАНОВИЦКИЙ И.И., СКУРТУ И.Т. Исследование дополнительных потерь на вихревые токи в разрезанных витых магнитопроводах.....	234
БУСЬКО В.Н., ВЕНГРИНОВИЧ В.Л., МАКАРОВ А.В. Изменение магнитного шума в образцах стали ШХ15 после различных видов упрочняющих обработок.....	236
ГАЛЮЖИН С.Д., ПУСКОВА В.М., РУЦКИЙ М.И. Экспертиза безопасного выполнения работ с использованием ручного переносного электрифицированного инструмента.....	238
ГОГОЛИНСКИЙ В.Ф., МАРКОВ А.П., ПАТУК Е.М. Комбинированные способы и средства оперативного контроля геометрических параметров поверхностей.....	240
ГУБАНОВИЧ А.Г., КРЮК Ю.Е., КУНЕЦ И.Е. Методология проектирования автоматизированной системы индивидуального дозиметрического контроля.....	242
ГУЗОВСКИЙ В.Г., КОВАЛЕНКО О.Е., ХОМЧЕНКО А.В. Фотомодуляционная спектроскопия планарных наноразмерных структур Ge/ПЭТФ.....	244
ГУСЕВ А.П., ЗАГОРСКИЙ И.Е. Магнитные неоднородности бетона строительных конструкций.....	245
ДЯГИЛЕВ С.Ю. Устройство для контроля пожарных кранов на водоотдачу.....	247
КОВАЛЕНКО О.Е., ГУЗОВСКИЙ В.Г., ХОМЧЕНКО А.В. Механизм воздействия газовых примесей на фотоэлектрические свойства тонкопленочных композиционных наноструктур.....	249
КОЛЕШКО В.М., ГУЛАЙ А.В., ГУЛАЙ В.А. Адаптационный подход в создании электроакустических сенсорных микросистем...	250
КРЕМЕНЬКОВА Н.В., ПОЛОНЕВИЧ А.А. О применении подковообразных магнитов в системах очистки муки от металломагнитной примеси.....	252

стью вращения выходного вала, характеризующей наличие единичных дефектов зубьев. Эти параметры можно определять путем отслеживания относительных угловых перемещений ведущего и ведомого валов. Для этого целесообразно воспользоваться импульсным методом, разработанным в Белорусско-Российском университете. Суть его заключается в том, что с входным валом связывают датчик опорного высокочастотного сигнала, а с выходным – низкочастотного и подсчитывают количество опорных сигналов в каждом выходном. Если их количество одинаково – дефектов нет. Если один из импульсов имеет меньшее число опорных, а последующий большее – имеется дефект, величина которого будет зависеть от этой разницы. По периоду повторного появления дефекта можно установить какому зубчатому колесу принадлежит дефект. Этим же методом можно определить суммарный угловой зазор в трансмиссии и отдельно в коробке передач, но для этого необходимо на трансмиссию подать тестовое воздействие, направленное на выбор зазоров одного, а затем противоположного направления.

Для исключения влияния помех, измерение этих параметров целесообразно проводить на неработающей машине с помощью приводного барабанного стенда. Такие стенды широко распространены и используются для оценки технического состояния тормозных систем при проведении технической диагностики машин. Но для этого трансмиссия должна быть подготовлена к такого рода испытаниям.

Для адаптации трансмиссий мобильных машин к компьютерной диагностике они должны быть оснащены небольшим числом датчиков информации, позволяющих однозначно оценить техническое состояние зубчатых элементов трансмиссии. В качестве датчиков углового положения валов, при малых угловых скоростях стенда, наиболее приемлемы оптические датчики, работающие по методу отражения, которые предназначены для дистанционного измерения скорости. Они интегрируют в одном корпусе инфракрасный излучатель и фотоприемник, которые закреплены в корпусе под определенным углом. Угол пересечения оптических полей излучателя и приемника составляет рабочую область датчика. Если в ней будет находиться растровый диск или лента, то можно с любой заданной точностью отслеживать угловые перемещения валов, а, следовательно, выявлять дефекты зубьев.

Применение импульсной системы диагностирования зубчатых зацеплений трансмиссии позволит, при диагностировании на стационарном стенде, установить величину бокового износа зубьев, наличие единичных дефектов, распознать их величину и месторасположение в кинематической цепи трансмиссии, а также установить степень опасности их для дальнейшей эксплуатации машины.

С.Е. АРИКО

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Исследование динамических свойств лесных машин является одним из наиболее важных этапов проектирования новых образцов и модификации существующих. Сложность динамического анализа заключается в невозможности точного аналитического исследования механических систем, поскольку динамика описывается системами дифференциальных или дифференциально-алгебраических уравнений, в общем случае нелинейных, решение которых в явном виде получить невозможно. С другой стороны, составление уравнений движения механических систем с большим числом степеней свободы является сложной задачей. Это связано с ростом сложности выражений для кинематических величин, определяющих положение, скорости и ускорения тел, входящих в систему, при увеличении длины кинематических цепей. Для решения перечисленных проблем с начала 60-х годов начата разработка программ, в которых исследуемый объект представляется системой абсолютно твердых или деформируемых тел, связанных кинематическими парами различных типов и силовыми элементами.

При рассмотрении напряженно-деформированного состояния элементов конструкции лесозаготовительных и других машин наибольшее распространение получил метод конечных элементов. Бычек А.Н. рассматривал конструкцию клещевого захвата в виде комбинированной конечноэлементной модели, в которой навесное устройство, места крепления гидроцилиндров, крестовина, клыки захвата моделировались стержневыми элементами, а корпус захвата – пластинчатыми.

Исследованию динамики взаимодействия харвестерной машины с предметом труда посвящены работы профессора А.В. Жукова. Наиболее полное представление технологического процесса валки деревьев харвестерной машиной в виде математической модели рассмотрено автором при описании динамики работы машины в положении когда манипулятор располагается перпендикулярно продольной оси машины, а валка производится на максимальном вылете данного технологического оборудования в сторону противоположную расположению лесной машины. Автором не учитываются упруго-демпфирующие свойства гидравлической жидкости, находящейся в полости гидроцилиндров, которые оказывают значительное влияние на нагруженности элементов гидропривода и лесной машины в целом. Рассматривая математические модели работы машин валочного ти-

СИВАЧЕНКО Л.А., ШАРОЙКИНА Е.А., КУЛЕШОВ М.И., ГАРАФОНОВ А.А. Создание рессорно-стержневых мельниц.....	201
СИВАЧЕНКО Л.А., ШАРОЙКИНА Е.А., ХУСТЕНКО А.Н. Проблемные вопросы помольного комплекса.....	202
СИНЬКЕВИЧ О.С., ПОПОВА Н.В., ЯКИМОВИЧ В.Д. Методика определения контракции цемента.....	203
СМОЛЯКОВ А.В., МАЦКЕВИЧ В.И. Эксплуатационные свойства бетона с минеральной добавкой в виде молотого гранитного отсева.....	204
СТАРОСТИНА О.А. Монолитные конструкции с преднапряжением в построечных условиях.....	206
УЛАСИК Т.М. Практическое значение дилатантной составляющей сдвига в расчетах несущей способности свайных фундаментов.....	208
ФЕДОРОВИЧ П.Л., ПРОКОПЕНКО Д.С., СОРОКИН Д.И. Испытание анкеров для преднапряженной арматуры.....	210
ФЕДОРОВИЧ П.Л., ЯКИМОВИЧ В.Д. Твердение портландцемента в растворе соли-электролита.....	211
ФИАЛКО И.Ф. Значение комплексной модернизации и учета теплотребления систем отопления в энергосбережении.....	212
ФОЙНИЦКАЯ И.Н., ЖАРАВОВИЧ Е.В., СТЫЖКИН Д.И. Влияние стойких органических загрязнителей на человека и окружающую среду.....	214
ФОМЧЕНКО М.М. Оптимальный выбор средства огнезащиты металлических конструкций.....	215
ЧЕРНЮК В.П., СЕМЕНЮК С.М. Конструкция забивной сваи с уширением и расчет её несущей способности.....	217
ЧЕРНОЛОЗ В.С., ИВАНЮК А.Н. Методика экспериментальных исследований деревянных балок со сквозными трещинами.....	219
ЯКИМОВИЧ В.Д., ПАВЛОВ А.В., ЯКИМОВИЧ Г.Д. Исследование состава жидкой фазы твердеющего портландцемента.....	221

Секция 7. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды

АФАНАСЬЕВ А.А., ПИСАРИК В.В., АРТЕМЬЕВА Н.А. Цифровой турбидиметр со сканирующим измерительным преобразователем.....	223
БАЕВ А.Р., АСАДЧАЯ М.В., МАЙОРОВ А.Л., КОНОВАЛОВ Г.Е. Дифракционное рассеяние упругих волн, отраженных от неоднородной границы.....	224
БАЕВ А.Р., АСАДЧАЯ М.В., СЕРГЕЕВА О.С., СМОВЖ Л.М.	

РУБАН А.С., МИКУЛЬСКАЯ А.Н., ЯКИМОВИЧ В.Д. Утилизация электрофильтовой золы.....	175
РУДЫК А.В., АЛЕКСАНДРОВ Р.С., КОВШАР С.Н. Использование вяжущих с минеральными добавками для изготовления дорожных изделий.....	177
РЯБЧИКОВ П.В., КОЗЕЛ А.Ю. Перспективы применения углеродных наноматериалов в строительном материаловедении.....	178
САЗОНОВА Л.И., ЦАЦУРА М.Н., ГРЕБЕНЮК А.О. Автоматизация расчёта кюветов автомобильной дороги.....	180
САМКЕВИЧ В.А., ПЕТРУКОВИЧ А.Н., СИДАРКОВ М.А. Способ повышения несущей способности настилов из многопустотных железобетонных плит.....	181
САМОЛЫГО Т.С., ГОМЕЛЮК И.В. К вопросу об оценке и управлении радиационными свойствами строительной продукции..	183
САПОЖНИКОВ Е.Г. Лучевой дренаж на подрабатываемых территориях.....	185
СВИРЩЕВСКИЙ С.Ф., ЛЕЙНОВА С.Л., СОКОЛИК Г.А. Оценка токсичности продуктов горения строительных и отделочных материалов по составу газовой смеси.....	187
СЕМЕНЮК Р.П., ЖИЛИНСКИЙ Д.И., ЯКОВЛЕВА А.Н. Полимерные добавки для строительных материалов.....	189
СЕМЕНЮК Р.П., КОЗЛОВ А.Н., ГАЛЮЖИН Е.А. Теплоизоляционный материал на основе отходов из пенополиуретана.....	190
СЕМЕНЮК Р.П., СЛАВИНСКАЯ М.А., ВОЛКОВА Е.И. Рациональное использование вторичного сырья в отделочных работах.....	191
СЕМЕНЮК Р.П., ЦАЦУРА М.Н., АЛЕШКЕВИЧ И.В. Приготовление холодных асфальтовых смесей с применением ваграночных шлаков.....	192
СЕМЕНЮК С.Д., БУРКО Т.С. Гранулированный ваграночный шлак – мелкий заполнитель бетонов.....	193
СЕМЕНЮК С.Д., МАРЧЕНКОВА И.В. Повышение несущей способности железобетонных плит методом создания неразрезности.....	195
СЕМЕНЮК С.Д., МЕДВЕДЕВ В.Н. Огнестойкость конструкций с внешним листовым армированием.....	197
СЕМЕНЮК С.Д., ФРОЛКОВ И.С. Несущие железобетонные конструкции гражданских и промышленных зданий в условиях сложного деформирования.....	198
СИВАЧЕНКО Л.А., ШАРОЙКИНА Е.А., КЛОЧКОВ В.Н. Более 180 лет шаровой барабанной мельнице.....	199

па следует отметить тот факт, что должное внимание не уделяется рассмотрению возмущающих усилий, возникающих от ветровой нагрузки, и взаимодействия сучьев падающих и стоящих деревьев, что характерно при проведении рубок промежуточного пользования. Теоретическое исследование данных возмущений производилось Жуковым А.В. и Асмоловским М.К. Будевич Е.А. исследовал надежность ВСРМ путем обоснования параметров харвестерной машины, с целью уменьшения динамических нагрузок, возникающих в процессе протяжки стволов, очистки их от сучьев и выведения дерева из древостоя ходом машины. Разработанную математическую модель можно применять только при исследовании динамики валочно-сучкорезно-раскряжевых машин на гусеничном шасси.

Основным недостатком, разработанных ранее математических моделей, является плоское представление процессов взаимодействия лесных машин с предметом труда, что не позволяет учитывать специфику конструкции лесного шасси, заключающегося в шарнирно-сочлененном соединении полурам, а также учитывать распределение масс машины и технологического оборудования на передний и задний мост в процессе работы.

Разработанная математическая модель позволяет исследовать динамическую нагруженность элементов базового шасси и технологического оборудования. Связь между элементами, входящими в динамическую модель, описывается восемью степенями свободы, которые позволяют рассмотреть процесс работы машины с учетом вертикальных, поперечных и продольных колебаний. Особенностью модели является представление работы харвестера в пространстве, что способствует рассмотрению динамической нагруженности харвестерной машины при расположении технологического оборудования в любой точке рабочей зоны. При этом учитывается изменение моментов инерции дерева, харвестерной головки, манипулятора и шасси в процессе выполнения технологических операций. Модель позволяет изменять геометрические, кинетические и динамические параметры лесозаготовительной машины. При построении динамической схемы ВСРМ приняты следующие допущения: распределенные массы машины заменены сосредоточенными, которые соединены безинерционными упругодемпфирующими связями. Упругие характеристики шин – линейные, а силы неупругого сопротивления – пропорциональны скорости деформации шин.

Решение системы дифференциальных уравнений второго порядка производилось методом Рунге-Кутты 4-го порядка с помощью системы программирования Matcad. В результате решения системы дифференциальных уравнений получены матрицы отклонений каждой степени свободы и их первые производные в зависимости от времени выполнения операции. Экспериментальная проверка разработанной методики математического моделирования динамических процессов, возникающих в процессе выполнения технологических операций, подтвердила адекватность полученных результатов.

СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ МАШИН

С.Е. АРИКО, С.П. МОХОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Лесозаготовительная промышленность является энергоемкой отраслью ввиду большого количества операций по перемещению груза, каким является дерево. Переход к сортиментной технологии обусловил применение в качестве основного машинного комплекса валочно-сучкорезно-раскряжевные машины (ВСРМ) или харвестеры в системе с погрузочно-транспортными машинами (форвардерами). Увеличение конкуренции требует от производителей постоянной модернизации существующих и создания новых лесозаготовительных машин, обладающих высокими технико-эксплуатационными характеристиками. Создание многооперационных машин позволяет сократить количество переместительных операций, что позволяет снижать энергетические затраты. Проектирование, создание и испытание многооперационных лесных машин сопряжено с рядом трудностей конструкторско-технологического плана. На стадии компоновки машин это связано с выбором параметров отдельных агрегатов, узлов и систем, которые имеют различные компоновочные и конструктивные особенности.

В связи с вышесказанным, создание новых лесных машин ведется в направлении снижения металлоемкости конструкции, обеспечения выполнения нескольких операций одновременно при минимальной затрате мощности двигателя и обеспечения наибольшей эффективности проведения рубки. Ведущие производители лесозаготовительной техники, к которым относятся Ponsse, Valmet, Timberjack, Rottne, Caterpillar, Logset, MTЗ, Амкодор и др., пошли по пути создания узкоспециализированных лесных машин для проведения определенного вида рубки, что соответствует разделению харвестеров на три группы с учетом технических характеристик и специфики предмета труда. В первую группу входят малогабаритные валочно-сучкорезно-раскряжевные машины, предназначенные для проведения рубок промежуточного пользования. Ко второй – для всех видов рубок в насаждениях с диаметром деревьев до 60 см. Харвестеры, предназначенные для проведения сплошных рубок, относятся к третьей группе.

Особенностью компоновки данных лесных машин является модульный принцип их создания, при котором, в зависимости от условий и назначения машины, путем применения унифицированных модулей может создаваться целое семейство специальных агрегатных лесных машин. Сове-

конструкций.....	143
МОРДИЧ М.М., ГАЛУЗО Г.С., ЧИЖЕВСКАЯ Н.О. Исследование гидрофизических свойств цементно-керамзитовых листов несъемной опалубки.....	145
МЯКОТА В.Г. Методологические подходы к оценке экологического риска на трассах магистральных трубопроводов...	147
НИКИТЕНКО М.И., БОЙКО И.Л. Современные геотехнические решения в условиях Беларуси.....	149
НИКИТЕНКО М.И., ЧЕРНОШЕЙ Н.В. Современные технологии сооружения буровых свай.....	151
НИКИТЕНКО М.И., ЧЕРНОШЕЙ Н.В. Особенности испытаний свай увеличенной несущей способности.....	153
ОВЧИННИКОВ Э.В., КУЛАК А.А. Прогрессивные технологии гидроизоляции при реконструкции жилых зданий массовой застройки.....	155
ОПАНАСЮК И.Л., ОПАНАСЮК Л.Г., АМЕЛИН Е.Н., ЦИГАНКОВ К.В. Способы анкеровки стальных опорных элементов усиления к железобетонным колоннам.....	157
ОПАНАСЮК И.Л., ОПАНАСЮК Л.Г., ДАНИЛОВ С.В. Модернизация надсилосных галерей ПРУП «Кричевцементношифер».....	158
ПАРАХНЕВИЧ В.Т., СЕРГЕЕВА А.М. Возможности использования тепловой инерции на автомобильных дорогах.....	159
ПЕТРУКОВИЧ А.Н., САМКЕВИЧ В.А., ГАЛАЛЮК А.В. Особенности поверочных расчетов при обследовании железобетонных конструкций.....	160
ПИЩ И.В., БАРАНЦЕВА С.Е., БЕЛАНОВИЧ А.Л. Гидрофобизация поверхности керамических материалов.....	162
ПИЩ И.В., БИРЮК В.А., БРЫЗГАЛОВ А.В. Получение поризованных керамических блоков с использованием отходов сахарного производства.....	164
ПИЩ И.В., ГВОЗДЕВА Н.А., КОРИЗНА Ю.А. Получение керамических пигментов на основе волластонита.....	166
ПИЩ И.В., КЛИМОШ Ю.А., ПОПОВ Р.Ю. Влияние среды обжига на эксплуатационные характеристики керамических материалов.....	168
ПОВИДАЙКО В.Г. Стеновые материалы на основе фосфогипса.....	170
ПОЛЯКОВА Л.А., ПОЛЯКОВ А.Г. Коррозионные процессы в металлических конструкциях.....	172
ПОЛЯКОВА Т.А., ГРЕБЕНЮК А.О., РОМАНОВ К.В. Местный фрикционный материал.....	174

ДРАГАН В.И., ЛЕВЧУК А.А. Определение отклонения от плоскостности поверхности трехслойной металлической панели.....	112
ДЯТЛОВА Е.М., ПЛЫШЕВСКИЙ С.В., КАКОШКО Е.С. Термостойкие кладочные материалы для строительства бытовых печей.....	114
ИВАНОВ В.А. Огнезащита деревянных конструкций.....	116
ИГНАТОВ С.В., КОНОТОП Л.В. Моделирование осадок ленточных фундаментов грунтов оснований упрочненных бурой инъекционной технологией.....	118
КАТКАЛО Ю.А., ПОДСТРЕЛОВА Е.Н., ТУЛУЕВСКИЙ Н.В. Современные способы определения радиусов на закруглениях автомобильных дорог.....	120
КАТКАЛО Ю.А., ТЕРЕЩЕНКО А.С., ТУЛУЕВСКИЙ Н.В. Определение радиуса закругления автомобильной дороги по касательным и углу.....	121
КОВШАР С.Н., БАБИЦКИЙ В.В. Расчет морозостойкости и коррозионной стойкости на стадии проектирования состава бетона.....	122
КОЗУНОВА О.В., СИГАЙ Е.А. Расчет упругого основания под балочной плитой с использованием степенной функции и секущего модуля деформации в законе нелинейно-упругого деформирования основания.....	123
КОЛПАШНИКОВ Г.А., АЛЬ-ХАСНАВИ РАЕД МАХМУД АБДУЛА-ХУССЕЙН, АЛЬ-ТАМИМИ САИФ САМИ ХУСЕЙН. Экологические риски проявления опасных геологических процессов в строительстве.....	125
КОРСУН А.М., ПЕТРУНЯК С.П., КИРЕЕВА Е.В. Определение температуры замерзания растворов добавок.....	127
КРАСКОВСКИЙ С.В. Прочностные характеристики композита «грунт-георешетка».....	128
КРАСУЛИНА Л.В., ПОТАПОВА И.Л., ДАРМЕЛЬ А.Н. Водостойкие композиции на основе гипса.....	130
ЛЕВИЦКИЙ И.А., БАРАНЦЕВА С.Е., ШУЛЬГОВИЧ Н.В. Стеклокристаллические покрытия плиток для полов.....	132
МАТУСЕВИЧ С.В. Расчет основных параметров вентиляции на ПК.....	134
МИСЮЛЯ Д.И., РУСАКОВИЧ Ю.Л., КУЗЬМИН В.В. Разработка и исследование устройства для снижения сопротивления циклонов.....	135
МИСЮЛЯ Д.И., РУСАКОВИЧ Ю.Л., ШАЛУХО М.И. Снижение энергопотребления циклонов.....	139
МИХАЛЬКОВ В.С., МИХАЛЬКОВ Д.В., УГРИНИВ И.Е. Применение жаростойких бетонов для специальных строительных	

менные валочно-сучкорезно-раскряжевные машины состоят из силового (энергетического) модуля с унифицированным двигателем, бортовым редуктором, коробкой передач, гидроприводом, карданным валом, колесами и др. узлами и системами, а также из технологического модуля, на котором располагается технологическое оборудование. Такой подход позволяет быстро и относительно дешево создавать надежные лесные машины и обеспечивать максимальное соответствие их условиям эксплуатации.

Конструкции лесосечных машин должны иметь низкое удельное давление на грунт, а дорожный просвет базовых машин находиться в пределах от 0,5 до 0,78 м. В лесных условиях грунт часто не обладает достаточной несущей способностью, а лесные машины должны обеспечивать высокую проходимость при движении по снегу и в условиях летнего бездорожья. В связи с этим, первоочередной задачей является выбор параметров трансмиссии и движителя, которые соответствовали бы природно-производственным условиям лесозаготовок. Современные модели харвестеров имеют гидростатическую (гидромеханическая) трансмиссию, работа которой оптимизируется бортовым компьютером, что позволяет двигаться по слабым лесным почвогрунтам практически без буксования колес, обеспечивать, как и гидравлическая трансмиссия, наибольшую экологическую совместимость машины с лесной экосистемой, при меньшей стоимости и сложности в эксплуатации.

В настоящее время на большинстве харвестеров, находящихся в эксплуатации, установлены харвестерные головки с механизмом протаскивания непрерывного действия. В качестве срезающего механизма широкое распространение получили цепные консольные пилы. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими срезающими устройствами: имеют малую массу и размеры, позволяют срезать деревья практически любого диаметра, обеспечивают удобство подвода к дереву или сросшимся деревьям, дают возможность заглубления в снег и обеспечивают качественный срез дерева. Пильная шина вынесена на специальной консольной балке, которая служит также защитным кожухом для пильного механизма и механизма надвигания.

Учитывая классификацию, конструктивные особенности и специфику природно-производственных условий современные машины харвестерного типа в преобладающем большинстве, являются одномодульными, имеют колесное шасси с шарнирно-сочлененными между собой полурамами, гидростатическую трансмиссию, манипуляторы параллельного типа и харвестерные головки с протаскивающими механизмами непрерывного действия и консольными цепными пилами. Наиболее перспективными типами трансмиссий являются гидромеханическая и гидравлическая, обеспечивающие высокие технико-эксплуатационные показатели, но в сравнении с механической трансмиссией, они повышают стоимость конструкции, работы по обслуживанию и ремонту.

УДК 621.828.6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОЗАПИСЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА
РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Е.И. БЕРЕСТОВ, А.В. КУЛАБУХОВ

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

Экспериментальные исследования позволили накопить достаточный объем материала, который и в настоящее время играет большую роль в становлении науки о резании и копании грунтов, хотя и имеет, присущие ему, определенные ограничения.

Развитая теория моделирования позволяет акцентировать внимание на лабораторных исследованиях не только ввиду их меньшей трудоемкости и стоимости, но и, вследствие, практически неограниченной возможности повторения эксперимента при одних и тех же условиях, что повышает точность и достоверность полученных результатов при относительно низкой трудоемкости и стоимости исследований.

Методика проведения экспериментальных исследований, в настоящее время, достаточно хорошо отработана применительно к задаче оптимизации рабочего оборудования с целью снижения сопротивлений резанию и копанию грунта. Оценка силовых факторов осуществляется, как правило, при помощи тензометрической аппаратуры и, в последнее время, с использованием современных ЭВМ.

Однако экспериментаторы встречаются с достаточно сложными проблемами при исследовании амплитудно-частотной характеристики нагрузок, действующих на рабочее оборудование, так как при этом необходимо рассматривать последовательное разрушение грунта при больших и малых сдвигах, формирование которых скрыто от глаз исследователя. И если фиксация контуров, перемещаемого грунта, и других сопутствующих геометрических параметров, таких как угол большого сдвига более или менее не вызывают особых затруднений, то выявление особенностей поведения грунта под нагрузкой при малых сдвигах является достаточно сложной и практически неразрешенной задачей до настоящего времени. Попытки использовать для этих целей радиоактивное излучение, цветные пески, закопченное стекло, устанавливаемое по торцу ножа, не дали положительных результатов.

Визуальное наблюдение за этим процессом через боковое стекло также не позволяет фиксировать полную картину разрушения грунта при больших и малых сдвигах, не говоря уже о замере геометрических параметров этого процесса. На взгляд авторов, одной из причин этого является

трансмиссий в движении.....	85
ТАШБАЕВ В.А. Повышение надежности транспортных средств на комбинированном ходу.....	87
ТОВСТЫКОАВ.С. Влияние добавки рапсового масла в дизельное топливо на эксплуатационные показатели дизеля.....	89
ШАПОВАЛОВА О.А., ТАРАСИК В.П., РЕГИНЯ В.В. Фрикцион для гидромеханической передачи с мехатронной системой автоматического управления.....	91
ЯСЮКОВИЧ Э.И., ЯСЮКОВИЧ О.Э. Моделирование микропрофиля дороги в пакете программ виртуальных испытаний колесных машин.....	92

Секция 6. Прогрессивные технологии, конструкции и материалы в строительстве

БАРАНОВ Н.Н., ДУБЕЛЕВИЧ Т.В., МОРОЗ Е.С. Фильтрующие присыпки прифундаментных трубчатых дренажей...	93
БАТЯНОВСКИЙ Э.И., ЛЕОНОВИЧ И.А. Алгоритм оптимизации свойств фибробетона для применения в фасадных тонкостенных элементах.....	94
БАТЯНОВСКИЙ Э.И., ЛЕОНОВИЧ И.А., ЛЕОНОВИЧ А.А. Анализ модели прочностных свойств мелкозернистого фибробетона.....	96
БЕЛОНОГОВА О.П., БЕЛОНОГОВ В.Н. Совершенствование пластинчатых рекуперативных теплообменников в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.....	98
БЕРЕЗОВСКИЙ С.Н. Решение проблемы дефицита песчано-гравийной смеси в Могилевской области.....	100
БОГДАНОВА В.В., БУРАЯ О.Н., ТИХОНОВ М.М. Композиционный материал на основе пенополиуретана пониженной горючести.....	102
БОГОРОДОВА О.В., МИХАЛЬКОВ Д.В., СУРИКОВ А.В. Новые технологии автоматической противопожарной защиты складов с высотным стеллажным хранением.....	104
БОЛОШЕНКО Ю.Г., ХМЕЛЬНИЦКИЙ Е.С. Применение различных методик для расчета железобетонных элементов.....	106
БОНДАРОВИЧ А.И., БАТЯНОВСКИЙ Э.И., ЦЫВИЛЬКО И.Ф. Влияние циклических нагрузок на величину динамического модуля упругости вибропрессованного и вибролитьевого бетона.....	107
ВАСИЛЬЕВА В.С., КСЕНОФОНТОВ М.А., ОСТРОВСКАЯ Л.Е. Новый пенополиуретановый композит.....	108
ГОНОРОВА О.В., ГОНОРОВА С.В. Оптимизация несущей конструкции для получения отверстий в железобетонных плитах.....	110

трехлинейного регулятора расхода гидроусилителя.....	55
НАУМЕНКО А.Е. Система подогрева рабочей жидкости гидросистемы строительно-дорожных машин.....	56
ПАРТНОВ С.Б., БОБРЫШЕВ А.Г., ГАМАЗИН Е.С. Повышение уплотняющей способности и качества укладываемого слоя асфальтоукладчика.....	58
ПИЦОВ С.Н., ГОРОНОВСКИЙ А.Р., ХАЙНОВСКИЙ В.В. Повышение эффективности использования колесных погрузочно-транспортных машин при освоении труднодоступного лесосечного фонда.....	60
ПОЛХОВСКИЙ Н.Д. Необходимость контроля качества моторных масел в автотракторных дизелях.....	62
ПОПОВ В.Б. Анализ грузоподъемности малогабаритного погрузчика «АМКОДОР 211».....	64
ПУЗАНОВА О.В. Обеспечение адаптивности при управлении гидромеханической передачей мобильной машины.....	67
РОЗАНОВ А.А. Использование пневмосистемы шасси пожарных автоцистерн для предварительного заполнения водой центробежного насоса.....	69
САЗОНОВ И.С., РОГОЖИН В.Д., МЕТТО А.А. Исследование дискового тормозного механизма с повышенными диссипативными свойствами.....	71
СЁМЧЕН В.И. Совершенствование конструкции вибрационных уплотняющих машин.....	72
СИМАНОВИЧ В.А., КВЕТЕНЬ В.М., ДАНИЛОВИЧ М.А. Основные направления создания многооперационных лесных машин на колесном ходу.....	73
СИМАНОВИЧ В.А., СМЕЯН А.И., ЛЕВКОВСКИЙ С.А. Оценка динамического нагружения колесных лесных машин при эксплуатационных режимах работы.....	75
СКАДОРВА А.Ф. Бортовое диагностирование гидроподжимных фрикционных муфт тракторных коробок передач.....	77
СЛАВИНСКИЙ А.А. Исследование гидропривода автокрана..	79
СМОЛЯР А.П. Реализация косо́го блокированного резания грунта на рабочих органах землеройных машин.....	80
СТАРОДЕТКО К.Е., ДРОБЫШЕВСКИЙ Ч.Б., МАНЬШИН Г.Г. Проблемы исследования процессов гомогенного сгорания в дизельных двигателях.....	81
СТРАЧУК И.В. Стратегии организации системы обслуживания и ремонта на малых транспортных предприятиях....	83
СУДАКОВА В.А. Диагностирование зубчатых зацеплений	

несоответствие возможностей зрения человека скоростям движения слоев грунта при его разрушении.

Авторами разработана методика исследования разрушения грунта ножом, обеспечивающая наблюдение за характером разрушения грунта на протяжении всего цикла взаимодействия с ножом и фиксацию положения площадок скольжения на любой стадии разрушения, как при большом, так и при малых сдвигах.

Для этого используется стенд для исследования резания грунта, передняя стенка которого выполнена из стекла, что позволяет в случае, когда боковая сторона ножа соприкасается со стеклом и перемещается параллельно ему, наблюдать за происходящим процессом как визуально, так и фиксировать исследуемый процесс полного цикла разрушения грунта на видеокамеру.

После записи процесса на видеокамеру осуществляется просмотр снятого материала на ЭВМ. При просмотре записи на ЭВМ использовалось программное обеспечение Virtual Dub в режиме кадрового просмотра с замедленной или с увеличенной скоростью. В результате таких манипуляций становится возможным наблюдать при определенной скорости просмотра стадии разрушения грунта при малых сдвигах, что невозможно при стандартной скорости. При этом отчетливо видно появление первичной площадки скольжения, а также ее переформирование во время второй фазы, при которой происходит «течение» грунта, а также область распространения зоны «течения» при сдвигах в грунте.

Данный способ обеспечивает измерение углов наклона площадок скольжения после распечатки соответствующего кадра на бумажном носителе.

Сопоставление результатов, полученных при обработке ранее снятых видеозаписей с теоретическими, подтвердило вывод о том, что возможно более широкое использование архивных материалов для подтверждения новых теоретических положений.

Разработанный способ измерения позволяет существенно повысить информативность каждого опыта при исследовании разрушения грунта надвигающимся на него режущим элементом. Этот способ хорошо зарекомендовал себя и при исследовании разрушения грунта траками гусеничных движителей, когда решается задача противоположная резанию грунта – увеличение силы сопротивления сдвигу трака до максимальной величины.

Предложенный способ позволяет использовать и материалы, снятые ранее, независимо от типа используемой видеокамеры. Если снятые материалы хранились на магнитных носителях, необходимо лишь провести их оцифровку для возможности использования программного обеспечения Virtual Dub.

Е.И. БЕРЕСТОВ, И.В. ЛЕСКОВЕЦ

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

Методика определения основных параметров землеройно-транспортных машин, в том числе и машин с отвальным рабочим органом (бульдозеров), учитывает суммарную силу сопротивления перемещению машины. Практически все авторы справочных пособий по данному направлению определяют данную силу как сумму сил:

- сила сопротивления перемещению машины как тележки;
- сила сопротивления копанию;
- сила инерции, которую необходимо учитывать при трогании машины с места.

Сила сопротивления копанию при использовании отвального рабочего органа определяется как сумма сил:

- сопротивления резанию грунта;
- сопротивления перемещению призмы волочения;
- сила сопротивления перемещению грунта вверх по отвалу.

Одной из основных составляющих является сила сопротивления резанию грунта. В зависимости от категории грунта, численные значения этой силы могут составлять от 30 до 50 % силы сопротивления копанию.

За время существования теории резания грунтов различными авторами предлагался целый ряд теоретических подходов для определения данной силы. К настоящему времени исследования В.П. Горячкина, А.Д. Далина, Н.Г. Домбровского, Ю.А. Ветрова, Д.И. Федорова, И.А. Недорезова, А.Н. Зеленина и других авторов привели к тому, что при проведении расчетов используется методика, по которой сила сопротивления резанию грунта определяется как произведение ширины ножа, высоты стружки и коэффициента удельного сопротивления резанию.

При расчетах по этой методике используются результаты экспериментальных исследований, позволяющие принять конкретные значения для коэффициента удельного сопротивления резанию. Причем значения этого коэффициента находятся в широких пределах и зависят от категории грунта. Такой подход не позволяет получить амплитудно-частотную характеристику процесса копания, которая получается во время проведения экспериментальных исследований, практически для всех отвальных рабочих органов и категорий грунта. Следовательно, организовать расчеты рабочего

карданные валы машин.....	31
КУРСТАК В.И. Управление блокированием гидротрансформатора автомобиля по критерию динамичности.....	32
КУТУЗОВ В.В. Индивидуальный подход к оценке эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин.....	34
КУЧИК А.С., ТАРАСИК В.П. Исследование и анализ переходных процессов при переключении передач карьерного самосвала.....	35
ЛЕОНЕНКО О.В., МОРОЗОВА О.В. Оценка работоспособности рабочего оборудования автомобильного подъемника АГП-20-2.....	37
ЛОБАХ В.П., РУБЛЕВСКИЙ Л.В. Анализ путей снижения расхода топлива.....	39
ЛУКАШКОВ Н.Н., ЛЕСКОВЕЦ И.В. Основные допущения при создании имитационной модели пневмошины.....	40
ЛЯГУШЕВ Г.С. Измерение колеи кранового пути лазерным дальномером.....	41
МАЛЫШКИН П.Ю. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения биогаза.....	42
МАНЬШИН Г.Г., ДРОБЫШЕВСКИЙ Ч.Б., МАРКОВСКИЙ А.Б. Некоторые подходы к модернизации серийно выпускаемых дизелей ММЗ.....	44
МАРКОВСКИЙ А.Б., СМОЛЬСКИЙ А.Н., ТИХОМИРОВ В.Л. Гидрооборудование нового поколения для транспортно-технологических машин.....	46
МАТВЕЕНКО В.И. Новые грузозахватные устройства для предприятий строительных материалов.....	48
МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А. Системы активной безопасности двухколесных транспортных средств.....	49
МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А. Тормозные механизмы, адаптивные к системам активной безопасности.....	50
МИРОНОВ К.Д., МИРОНОВ Д.К. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности машин.....	51
МРОЧЕК В.И., ГОРОДЕЦКИЙ Д.И. Стенд для диагностирования гидроусилителей рулевых управлений автомобилей.....	52
МРОЧЕК В.И., ГОРОДЕЦКИЙ Д.И. Методика общего диагностирования гидроусилителей рулевых управлений автомобилей.....	53
МРОЧЕК Т.В., РОЗОВ С.В. Математическая модель трехлинейного регулятора расхода гидроусилителя.....	54
МРОЧЕК Т.В., РОЗОВ С.В. Исследование характеристик	

СОДЕРЖАНИЕ

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

АЛЕКСЕЕВА О.В., БЕЛОУСОВ Л.И. Некоторые аспекты применения комбинированных несущих конструкций тяжелых машин.....	3
АНТИПЕНКО Г.Л., ШАМБАЛОВА М.Г. Стендовая диагностика механических трансмиссий машин.....	4
АРИКО С.Е. Динамика лесозаготовительных машин харвестерного типа.....	6
АРИКО С.Е., МОХОВ С.П. Создание и совершенствование валочно-сучкорезно-раскряжевых машин.....	8
БЕРЕСТОВ Е.И., КУЛАБУХОВ А.В. Использование видеозаписей для изучения процесса разрушения грунта рабочим оборудованием.....	10
БЕРЕСТОВ Е.И., ЛЕСКОВЕЦ И.В. Метод определения сил сопротивления резанию грунта.....	12
БОЧКАРЕВ Д.И., БАЙБАК М.В. Разработка щековой дробилки с двумя камерами дробления.....	14
ГАЛЮЖИН А.С. Нанотехнология осушки сжатого воздуха.....	15
ГЕРАЩЕНКО В.В., МИРОНОВ К.Д. Разработка устройства для снижения дымности отработавших газов мобильных машин.....	17
ГОРОНОВСКИЙ А.Р., ГОЛЯКЕВИЧ С.А. Выбор методики расчета мощности двигателя многооперационной лесозаготовительной машины.....	18
ДОВГЯЛО В.А., ТАШБАЕВ В.А. Повышение тягового усилия пневмоколесных транспортных средств на комбинированном ходу..	20
ДРОБЫШЕВСКИЙ Ч.Б., СМОЛЬСКИЙ А.Н., ТИХОМИРОВ В.Л. Универсальная многофункциональная мобильная машина. Научно-технические решения.....	22
ДУБОВИК Д.А. Повышение эффективности ходовой системы мобильной машины путем оптимизации углов поворота управляемых колес.....	24
ЕРМАЛИЦКИЙ А.А., КЛОКОВ Д.В. Оценка колебательного процесса системы «Колесный лесопогрузчик-гидроманипулятор-предмет труда».....	26
ИВАНОВ В.И. Современные системы электропривода крановых механизмов.....	28
КОРОЛЁНОК Д.С., КОРОЛЁНОК А.С. Использование воды в двигателях внутреннего сгорания.....	29
КУКЛИН В.С., НОВИКОВ А.С., ГЕРАЩЕНКО В.В. Разработка измерителя крутящего момента для установки его на	

оборудования с учетом динамической составляющей процесса копания грунта можно только с использованием коэффициентов динамичности.

Авторами разработана и усовершенствована теория резания грунта плоскими и отвальными рабочими органами, позволяющая получать усилия сопротивления резанию в момент больших и малых сдвигов грунта и непосредственно после этих сдвигов. Данные теоретические положения базируются на теории предельных состояний грунта. Для использования такого подхода необходимо получить значения сил сопротивления резанию грунта в период между сдвигами. Существующая методика, применяемая в настоящее время, не учитывает состояния грунта в процессе продвижения отвала в грунтовом массиве (между сдвигами).

Таким образом, современные способы определения сил сопротивления резанию грунта учитывают только размеры стружки (высоту и ширину) и коэффициент удельного сопротивления резанию. Погрешности расчетов, проводимых по данной методике, составляют до 50 % и более. В то же время, многими исследователями установлены коэффициенты жесткости грунта. Такие коэффициенты использовались Н.А. Цытовичем, И.П. Бородачевым и другими авторами. Учет этих коэффициентов дает возможность определения нарастания силы сопротивления резанию как произведение площади стружки, пути, который прошел отвал от последнего сдвига грунта, и коэффициента объемной жесткости грунта, который измеряется в Н/м^3 . Кроме того, при использовании предлагаемой методики, появляется возможность определения усилий сопротивления резанию грунта с учетом коэффициента трения грунта по металлу и угла резания, что дает возможность управления параметрами рабочего оборудования на стадии проектирования бульдозера с целью выбора наиболее оптимальных параметров для машин, которые будут эксплуатироваться в разных условиях.

Применение этого подхода ближе к физической сущности изучаемых процессов, базируется на использовании классической теории упругости, позволяет учитывать угол резания при определении величин горизонтальной и вертикальной сил сопротивления резанию грунта.

Д.И. БОЧКАРЕВ, М.В. БАЙБАК

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Операции дробления и измельчения широко применяются в производстве дорожно-строительных материалов, наиболее распространенным из которых является щебень.

Основные конструктивные решения большинства дробилок были разработаны еще в XIX веке: валковые дробилки появились в Англии в 1806 году, щековые – в США в 1858 году, там же конусные и молотковые в 1877 и 1895 годах, соответственно. Патент на роторную дробилку был выдан еще в 1842 году, но широко использоваться они начали лишь спустя несколько десятилетий. Учитывая высокую энерго- и материалоемкость операций дробления, главной задачей создателей дробильного оборудования является обеспечение, наряду с эффективностью и надежностью, его высокой экономичности.

Поставленная задача наиболее актуальна для щековых дробилок, являющихся машинами первичного измельчения, на которое затрачивается наибольшее количество энергии.

Одним из решений данной задачи является создание щековой дробилки с двумя камерами дробления, что значительно повышает ее производительность, а также снижает материалоемкость и энергоемкость за счет движения подвижных щек от одного общего привода.

Предлагаемая конструкция щековой дробилки содержит две наружные щеки с верхними осями их качаний и две качающиеся между ними внутренние щеки, две камеры дробления, корпус и приводы качаний щек. При этом внутренние подвижные щеки снабжены общим приводом их качаний и соединены с общей нижней осью посредством распорных плит, за счет чего траектория движения внутренних щек дробилки представляет собой замкнутую кривую в форме эллипса, а дробление материала происходит в течение 3/4 оборота приводного вала (холостой ход – в течение 1/4 оборота соответственно).

Благодаря наличию двух камер дробления и сложному движению подвижных щек обеспечивается увеличение производительности и снижение энергоемкости процесса. Повышение дробящей способности щековой дробилки обеспечивается вследствие наличия как горизонтального, так и вертикального хода подвижных щек, что позволяет, наряду со сжатием, разрушать материал посредством истирания.

А.В. ШУЛЬГА

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

В сообщении представлены результаты исследований пространственной структуры световых пучков при возбуждении волновода полихроматическим светом. Для каждой хроматической компоненты светового пучка будут формироваться волноводные моды, пространственно-энергетическая структура и фазовая скорость распространения которых будут зависеть не только от геометрии волновода и его оптических параметров, но также и от длины волны возбуждающего света.

Для многомодового волновода величина, обратно пропорциональная мнимой части комплексной постоянной распространения волноводной моды $\text{Im}(h)^{-1}$, выражает добротность Q волновода, как линейной колебательной системы, и характеризует её разрешающую способность. Известно, что одинаковые по амплитуде колебания могут быть разрешены, если $|\omega_1 - \omega_2| = \omega Q^{-1}$. Тогда разрешающая способность тонкоплёночного спектроанализатора будет определяться величиной $R = \frac{dN}{d\lambda} \text{Im}(h)^{-1}$, где $dN/d\lambda$ – волноводная дисперсия планарного диэлектрического волновода.

Для оценки разрешающей способности тонкоплёночного спектроанализатора были проведены вычисления для различных значений показателей поглощения материала волноводного слоя и подложки, а также для различных порядков волноводных мод. Показано, что в случае значительного превышения поглощения световой волны материалом волновода по сравнению с материалом подложки ($\alpha_w \gg \alpha_{\text{sub}}$) т.е. когда основная доля поглощённой световой энергии приходится на волноводный слой, разрешающая способность тонкоплёночного спектроанализатора увеличивается при переходе к модам высших порядков. Для заданной моды переход в более длинноволновую часть спектра сопровождается увеличением максимальной разрешающей способности тонкоплёночного спектроанализатора, и достигает своего максимума вблизи частоты отсечки. Если $\alpha_w \ll \alpha_{\text{sub}}$, т.е. основная доля поглощённой энергии приходится на подложку, переход к модам высших порядков будет сопровождаться незначительным уменьшением разрешающей способности спектроанализатора. При этом наилучшее разрешение спектральных линий будет наблюдаться в более коротковолновой области спектра.

ности полем напряженностью 135 А/см. Значения интенсивности составляющей красного цвета изменяются незначительно;

- наибольшее численное значение интенсивности изображения предварительно восстановленной магнитной пленки наблюдается для составляющей зеленого цвета.

Для предварительно восстановленной магнитной пленки при тангенциальном намагничивании объекта:

- при сканировании пленки вдоль индикаторного рисунка происходит практически линейный рост размахов кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, с увеличением его глубины при всех исследованных режимах намагничивания в диапазоне напряженностей полей от 96 до 480 А/см. В случае сканирования пленки поперек индикаторного рисунка линейный рост размаха кривой, обусловленной несплошностью, наблюдается при режимах намагничивания более 192 А/см;

- при увеличении глубины дефекта внутренней поверхности и с увеличением режима намагничивания кривая распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета меняет форму, переходя из двупольного вида в однополярный;

- с увеличением ширины несплошности внутренней поверхности размах кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, при намагничивании объекта полем высокой напряженности вначале возрастает, а затем убывает; при намагничивании объекта полем низкой напряженности с ростом ширины несплошности кривая принимает седлообразную форму;

- при увеличении расстояния от объекта контроля с дефектом внутренней поверхности до пленки при средних и сильных режимах намагничивания происходит практически линейное уменьшение размаха кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета независимо от направления сканирования записи с пленки; крупные дефекты сплошности могут быть обнаружены и при расстоянии от объекта до магнитной пленки 4 мм.

Полученные результаты могут быть использованы для решения обратной задачи, а именно, по численным значениям интенсивности индикаторных рисунков можно будет судить о параметрах дефектов сплошности ферромагнитных изделий.

УДК 621.51

НАНОТЕХНОЛОГИЯ ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

А.С. ГАЛЮЖИН

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

В настоящее время удаление парообразной воды из сжатого воздуха, используемого в пневмоприводах мобильных машин, осуществляется, в основном путем адсорбции и мембранной диффузии.

Осушка *адсорбцией* базируется на свойстве адгезии, т.е. сцепления молекул воды с адсорбентом за счет сил межмолекулярного взаимодействия различных веществ. Адсорбент имеет пористую структуру с большой площадью внутренних поверхностей. При этом вода остается на поверхности и внутри пор адсорбента, химических реакций при этом не происходит.

Сущность *мембранной диффузии* состоит в том, что молекулы воды проникают через волоконные мембраны со специальным покрытием значительно быстрее, чем молекулы азота и кислорода. Мембранный влагоотделитель состоит из множества тонких, полых внутри волокон, которые выполнены из прочного полимера. Внутренняя поверхность стенок волокон покрыта тончайшим слоем другого полимера, способного пропускать только молекулы воды. Поступающий во влагоотделитель влажный воздух движется внутри мембранных волокон. Вода проникает через стенки волокон на внешнюю их часть, а сухой воздух выходит из влагоотделителя. Часть осушенного воздуха отбирается на выходе влагоотделителя и продувается по внешним сторонам мембранных волокон, поглощая воду, проникающую через их стенки, и выводится в атмосферу. Мембранный влагоотделитель эффективно работает в том случае, если проведена предварительная очистка сжатого воздуха от твердых частиц и масла. В противном случае, полые волокна быстро засоряются и замасливаются, эффективность влагоотделителя падает, а гидравлическое сопротивление растет.

В Белорусско-Российском университете разработан *центробежно-магнитный* способ осушки сжатого воздуха. В центробежном влагоотделителе создается магнитное поле таким образом, что бы сила Лоренца, действующая на заряженную частицу воды, совпадала по направлению с центробежной силой инерции. Однако при этом возникают сложности с ионизацией частиц воды, поскольку энергия ионизации молекул кислорода и азота (основных составляющих воздуха) близка к энергии ионизации молекул воды. Так, энергия ионизации O_2 соответствует примерно 12,1 эВ, N_2 —15,6 эВ. Поэтому при облучении потока сжатого воздуха ультрафиолетовыми лучами будет происходить ионизация молекул воды, кислорода и азота с превращением их в положительно заряженные молекулярные ионы.

Известно, что масса молекул воды, кислорода и азота различна и составляет $2,993 \cdot 10^{-26}$ кг, $5,315 \cdot 10^{-26}$ кг и $4,651 \cdot 10^{-26}$ кг, соответственно. Поэтому, при движении данных молекул по криволинейной траектории, при одинаковой скорости и радиусе, наибольшая центробежная сила инерции будет воздействовать на молекулу кислорода.

Вместе с тем, молекула воды является дипольной, что обусловлено строением ее электронных оболочек, содержащих пять пар электронов. Одна пара электронов расположена вблизи ядра атома кислорода, две электронные пары образуют ковалентные связи О–Н, оставшиеся две являются неподеленными электронными парами. Вследствие наличия дипольного момента взаимодействие между электрически нейтральными молекулами воды является достаточно сильным (водородная связь). В результате в водяном паре присутствуют димеры, тримеры и полимеры, т.е. $(\text{H}_2\text{O})_2$, $(\text{H}_2\text{O})_3$ и $(\text{H}_2\text{O})_n$. Назовем эти образования общим термином – частицы воды. Очевидно, что центробежная сила инерции, действующая на частицы воды, будет пропорциональна количеству молекул в частице воды, и будет больше центробежных сил, действующих на молекулы кислорода и азота. Исходя из данного положения, можно считать, что при движении сжатого воздуха по винтовой линии из-за изменения траектории под действием центробежных сил, наиболее удаленными от центра данной траектории будут частицы воды. Поэтому при установке облучателя на наружной части корпуса влагоотделителя, вначале будут выбиваться электроны из частиц воды, а затем – из молекул кислорода и азота. Если данный поток воздуха будет находиться в магнитном поле, то положительно заряженные молекулярные ионы и электроны относительно друг друга будут двигаться в противоположных направлениях.

Произведем теоретическую оценку эффективности использования данного способа, рассмотрев ионизированную частицу воды (без одного электрона), состоящую из двух молекул воды, т.е. димер воды массой $m = 5,986 \cdot 10^{-26}$ кг и зарядом $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Исходя из реальной конструкции, примем радиус кривизны траектории частицы $r = 63$ мм. Предположим, что во влагоотделителе магнитное поле создано соленоидом с безопасным для человека напряжением питания $U = 24$ В. Для достижения максимального значения B , обмотка соленоида выполнена из медного провода с площадью поперечного сечения $S = 3,92 \cdot 10^{-6}$ м². Размеры соленоида: $D_{cp} = 210$ мм, $l_c = 130$ мм. Тогда можно достичь величину магнитной индукции $B = 0,018$ Тл. Подача компрессора $Q = 5 \cdot 10^{-3}$ м³/с, площадь сечения винтовой канавки по которой движется поток сжатого воздуха $S_{\theta} = 0,35 \cdot 10^{-3}$ м², угол подъема винтовой линии $\gamma = 90^\circ - \alpha = 7^\circ$. При таких условиях сила Лоренца, действующая на димер воды, более чем в 210 раз превышает центробежную силу, действующую на эту же частицу.

УДК 620.179.14

ОЦЕНКА ИНДИКАТОРНЫХ РИСУНКОВ ДЕФЕКТОВ НА ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНКЕ ПОСЛЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ПОЛЯ

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

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

Для визуализации магнитных полей с целью контроля качества постоянных магнитов разработана специальная пленка, которая содержит залитые в гель частицы никеля. В зависимости от расположения эти частицы по-разному отражают падающий свет. Под действием нормальной составляющей магнитного поля, пленка приобретает темные тона, а под влиянием составляющей поля, направленной параллельно ее поверхности, – светлые. В исходном состоянии ферромагнитные частицы в пленке ориентированы хаотически. Такую пленку в дальнейшем будем называть восстановленной.

Было предложено использовать эту пленку для дефектоскопии ферромагнитных объектов. По появлению индикаторных рисунков дефектов на магнитной пленке при намагничивании объекта контроля можно установить наличие несплошностей в изделии, однако сложно количественно оценить их параметры. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию влияния предварительной подготовки магнитной пленки, параметров несплошностей и условий контроля на количественные характеристики изображения пленки и индикаторных рисунков дефектов. Для этого исследовали влияние нормальной и тангенциальной составляющих магнитного поля действующего на пленку на интенсивность ее окраски.

Установлено, что в результате сканирования изображения, полученного при намагничивании визуализирующей магнитные поля пленки, а затем считывания численных значений интенсивности для трех цветов (синего, зеленого и красного):

- интенсивность составляющих зеленого и синего цвета уменьшается при намагничивании пленки полем, перпендикулярным ее поверхности, напряженностью до 500 А/см, а затем стабилизируется. Для составляющей красного цвета интенсивность вначале уменьшается, затем возрастает и остается практически на одном уровне в диапазоне напряженности намагничивающего поля 200 – 1250 А/см;

- значения интенсивности составляющих зеленого и синего цвета монотонно возрастают до напряженности тангенциального поля 200 А/см, если пленка предварительно была намагничена перпендикулярно поверх-

вблизи его полюса, магнит непосредственно контактирует с изделием, выступая над торцом экрана на 1 мм.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные по сигналам магнитодинамических преобразователей предложенных вариантов конструкций.

Табл. 1. Зависимость величины сигнала от конструктивного исполнения преобразователя

Толщина покрытия, мм	Вариант 1 сигнал, отн. ед.	Вариант 2 сигнал, отн. ед.	Вариант 3 сигнал, отн. ед.	Вариант 4 сигнал, отн. ед.	Вариант 5 сигнал, отн. ед.
0	5300	5300	5300	5300	5300
0,33	4284	4637	4852	4571	4846
0,60	3549	4095	4485	3975	4474
1,00	2614	3533	4077	3407	3923
1,70	1484	2650	3363	2770	2975
3,20	734	1638	2140	1609	1588
4,60	397	1116	1508	1091	994
8,60	101	450	662,5	454	424
10,0	69	337	499,4	331,3	261
14,6	25	161	252,8	159	91,2
18,6	13	88	150,8	90,9	49,7
22,7	7,7	53	91,7	60,6	28
27,3	4,4	32,1	57,1	35	16,3
30,8	3,4	24,1	41,8	23,9	10,6
34,4	2,4	16,1	28,5	18	7,1
40,0	2,0	9,6	17,5	11,5	4,0

Из таблицы следует, что для толщинометрии толстых покрытий целесообразно использовать преобразователи с постоянным магнитом диаметром 10 мм и магнитомягким наконечником. При этом чувствительность превосходит основную погрешность $\pm(1,5+2\%$ измеряемой величины)мм при диаметре экрана 16 мм до толщин покрытия ~ 15 мм и при диаметре экрана 40 мм – до толщин покрытия $\sim 30 \div 35$ мм. Увеличение диаметра экрана обеспечивает контроль в более широком диапазоне немагнитных покрытий и более пологую зависимость измеряемого сигнала от толщины. Наилучшая чувствительность к высоким толщинам покрытий достигается с применением магнитомягкого наконечника и ферромагнитного экрана в виде торцевого диска, без цилиндрической части. То есть, имеет значение усиление поля в результате присоединения к торцам магнита магнитомягких элементов, однако его локализация путём приближения к изделию краёв экрана уменьшает разрешение при большой толщине. Сильно ослабляет намагничивающее поле отсутствие нижнего, ближайшего к изделию магнитомягкого торцевого элемента – наконечника.

Полученные результаты расширяют область освоения магнитодинамических толщиномеров, а также могут оказаться полезными при проектировании аналогичных приборов с другими принципами регистрации информативного сигнала, но сходными системами намагничивания.

УДК 629.113.4

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

В.В. ГЕРАЩЕНКО, К.Д. МИРОНОВ

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

В результате выполнения теоретических и экспериментальных исследований по ограничению выбросов отработавших газов и веществ в окружающую среду с целью снижения дымности отработавших газов разработано устройство, содержащее: дизельный двигатель; педаль управления подачи топлива в дизельный двигатель, снабженную стержнем; трубу воздухозаборника; релейный полупроводниковый усилитель; выполненный на первом и втором транзисторах; заслонку, установленную в трубе воздухозаборника с обеспечением возможности поворота ее на своей оси; электромагнит, включающий в себя обмотку и сердечник. Обмотка электромагнита, сердечник которого соединен с тягой привода заслонки, соединена с коллектором второго транзистора усилителя. Преобразователь импульсный щелевой, установленный вблизи педали с обеспечением возможности вхождения стержня в щель преобразователя, при этом выходом преобразователя соединен со входом усилителя. Усилитель имеет резисторы для формирования напряжения, подаваемого на базу первого транзистора, резистор нагрузки, резистор для фиксирования тока базы второго транзистора, резистор обратной связи.

При выключении водителем педали управления подачей топлива в дизельный двигатель, на выходе преобразователя импульсного щелевого формируется электрический сигнал в виде ступенчатой функции, который усиливается с помощью усилителя, при этом по обмотке электромагнита начинает протекать ток, электромагнит срабатывает, его сердечник перемещается, преодолевая усилие пружины. Посредством тяги поворачивается заслонка в трубе воздухозаборника. При этом заслонка только частично перекрывает трубу, количество воздуха при заборе уменьшается, исключается обеднение смеси. Таким образом, коэффициент избытка воздуха снижается, что приводит к лучшему сгоранию, уменьшается выброс сажи на холостом ходу дизельного двигателя.

При нажатии водителем на педаль управления подачей топлива, машина переходит от режима холостого хода к режиму нагрузки, на выходе преобразователя сигнал равен нулю, ток в обмотке электромагнита прекращается, сердечник и заслонка возвращаются в исходное состояние.

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

Обоснование параметров лесной машины на этапе ее проектирования связано с обоснованием мощности двигателя, а также типа и передаточных чисел трансмиссии. Методика выбора этих параметров различна для лесных машин разного назначения. Если для лесотранспортных машин существуют отработанные методики выбора параметров трансмиссии и двигателя, то для многооперационных лесозаготовительных машин, в частности, харвестеров, на начальном этапе их проектирования сложно определить, мощностные затраты какой операции следует брать в основу расчетов.

Проведенный анализ показал, что наиболее энергозатратной операцией при работе харвестера является протаскивание дерева в харвестерной головке. При расчетах она может рассматриваться как отдельная операция, и как совмещенная с перемещением дерева в продольной и поперечной плоскости при помощи манипулятора. Разница в затратах мощности, при рассмотрении указанной операции в отдельности и при совмещении, составляет для наиболее тяжелых условий работы до 40 кВт и зависит от параметров манипулятора. Выбор конкретного случая зависит от предполагаемых режимов работы разрабатываемого харвестера.

Также наблюдается значительное отличие в затратах мощности, в сравнении с перемещением харвестера по лесосеке. К примеру, для харвестера общей массой 16 т в условиях движения по переувлажненной лесосеке (коэффициент сопротивления качению равен 0,3) со скоростью до 2,5 км/ч, требуемая мощность двигателя составляет порядка 65 кВт, для легкого харвестера массой 12 т при тех же условиях движения до 47–50 кВт.

Для сравнения методик рассмотрим харвестеры с общей массой 1–17 т, которые как правило, применяются на рубках главного пользования, в насаждениях с диаметром ствола на высоте 1,3 м до 40–45 см. В табл. 1 представлены значения мощностей (кВт), необходимые для привода харвестерной головки, при работе в сосновых насаждениях, при различных скоростях протаскивания от 2 до 4 м/с и различных диаметрах ствола от 20 до 40 см.

В.И. ШАРАНДО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В последнее время широкое распространение в промышленном и строительном комплексе получили сертифицированные в Республике Беларусь и Российской Федерации магнитодинамические толщинометры МТЦ-3. Они обеспечивают измерение толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях в диапазоне 0÷10 мм с допускаемой нормированной погрешностью $\pm (1,5 + 2 \%)$ измеряемой величины) мкм. При этом используются преобразователи с магнитами диаметром 3÷5 мм, помещёнными в ферромагнитные экраны диаметром до 10 мм.

В данной работе показана возможность расширения области использования указанных магнитных толщиномеров на покрытия сантиметрового диапазона путём модификации магнитодинамического преобразователя. Исследования выполнены экспериментально, в качестве измерителя использован стандартный электронный блок толщиномера МТЦ-3.

Преобразователь содержит постоянный магнит диаметром 10 мм из материала NdFeB-37, стыкованный с его полюсом железный наконечник диаметром 10 и высотой 3,5 мм, размещённую на наконечнике индуктивную катушку для измерения изменения магнитного потока путём интегрирования электрического сигнала, возникающего при удалении преобразователя от изделия. Данная система помещена в экран, состоящий из диска на втором полюсе магнита и цилиндрической боковой части. В середину наконечника впрессован износостойкий шарик из стали ШХ15, выступающий над его торцевой поверхностью и торцом экрана на 1 мм. Выполнен сравнительный анализ чувствительности преобразователя к толщине покрытий при вариации его параметров. Измерения велись на основании из стали Ст 3 размерами 142x142x23 мм. Рассматривался характер кривых, приведённых, путём регулирования усиления, к одинаковому значению на основании без покрытия. Предложены следующие варианты конструкции:

- высота магнита – 5 мм, диаметр экрана – 16 мм, материал – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана – 40 мм, материал – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана 40 мм, цилиндрическая часть немагнитна, материал дисковой части – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, обе части экрана немагнитны;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана – 40 мм, материал – сталь Ст 3; наконечник с шариком отсутствуют, катушка размещена на магните

После удаления магнита на ферромагнетике сохраняется локальное намагниченное пятно, создающее поле во внешнем пространстве вблизи поверхности. Это поле служит источником второго сигнала (параметр остаточной индукции), несущего информацию о коэрцитивных свойствах изделия и фиксируемого вебмером в процессе установки на намагниченное пятно либо удаления от него индуктивной катушки. Так работают выпускаемые измерители остаточной намагниченности ИОН-3.

Работа над исполнением устройства показала, что рационально осуществлять намагничивание непосредственно через осевое отверстие в катушке для измерения остаточной индукции.

Преобразователь устройства снабжён постоянным стержневым магнитом, к нижнему торцу которого прикреплён магнитомягкий цилиндрический наконечник (сталь 10), и двумя индукционными катушками. Диаметр наконечника и внутренний диаметр обеих катушек варьировался от 1,5 до 6 мм, диаметр магнита – от 3 до 10 мм. Магнит изготовлен из материала NdFeB-37, имеющего $H_c=950000$ А/м и остаточную индукцию 1,25 Тл. Одна из катушек жёстко закреплена в верхней части наконечника магнита, вторая – в нижней части корпуса преобразователя, возле его торца. В процессе контроля преобразователь нижним торцом и, соответственно, размещённой в нём катушкой устанавливают на изделие. Наконечник магнита вдвигают в осевое отверстие нижней катушки до соприкосновения с поверхностью изделия и создают в системе магнитный поток, представляющий суммарное действие первичного поля магнита и вторичного поля изделия. Затем намагничивающую систему удаляют от изделия, измеряя интегральный сигнал с катушки на наконечнике; величина сигнала пропорциональна изменению магнитного потока и характеризует способность изделия к намагничиванию. Внутри нижней катушки на поверхности изделия остаётся намагниченное пятно, создаваемый им поток индукции охватывает витки. Далее преобразователь удаляют от изделия, измеряя интегральный сигнал с нижней катушки, пропорциональный величине остаточной намагниченности. Сигналы обеих катушек уменьшаются при появлении немагнитного покрытия. Они получены с одного и того же места поверхности, в единых условиях контроля.

Устройство испытано на образцах стали с изменением коэрцитивной силы до 2600 А/м. Сигнал в верхней катушке слабо зависит от магнитных свойств изделия и сильно – от толщины немагнитного покрытия. Сигнал, связанный с остаточной индукцией, на ферромагнетике без покрытия хорошо коррелирует с коэрцитивной силой; при этом появление покрытий сильно смещает зависимости, однако ухудшение корреляции происходит достаточно медленно и зависит от размеров магнитной системы. Это позволяет обрабатывать результаты измерений по несложным алгоритмам и вносить коррекции на зазор при контроле коэрцитивной силы.

Табл. 1. Значения мощности затрачиваемой на привод харвестерной головки при различных условиях эксплуатации

$d_{1,3}$, м	Скорость протаскивания дерева, м/с		
	2	3	4
20	9,0	13,6	18,2
28	17,8	26,7	35,6
36	30,0	45,0	60,0
40	37,4	56,5	74,7

Как видно из табл. 1., мощность необходимая для привода харвестерной головки, в наиболее тяжелых условиях, больше мощности на перемещение харвестера на 8–10 кВт. Эта разница не велика, однако, операторами харвестеров операция по протаскиванию дерева в харвестерной головке часто совмещается с перемещением его в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи манипулятора. С одной стороны, это позволяет увеличить производительность работы, но с другой, повышает затраты мощности на 25–30 %, в зависимости от величины вылета манипулятора. Следовательно, общая мощность на одновременный привод головки и манипулятора составляет до 105 кВт.

Еще одним фактором, обуславливающим необходимость выбора мощности двигателя по параметрам предмета труда и технологического оборудования, является время проведения операций. При рубках главного пользования порядка 45 % времени уходит на обрезку сучьев и раскряжевку и лишь 10 % на перемещение по лесосеке.

Такой подход позволит исключить возможную нехватку мощности и подобрать двигатель под конкретные условия эксплуатации. В основу методики выбора параметров двигателя и трансмиссии должны быть положены величины энергозатрат на операциях работы технологического оборудования, при учете возможностей их совмещения.

В.А. ДОВГЯЛО, В.А. ТАШБАЕВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Оснащение пневмоколесных транспортных средств комбинированным пневмоколесно-рельсовым ходом представляет собой актуальное направление. Созданные универсальные транспортные средства на комбинированном пневмоколесно-рельсовом ходу на базе шасси МАЗ-6303 и шасси «Беларус» Ш-406 используются предприятиями транспортного комплекса. Комбинированный ход позволяет повысить эффективность работы машин данного типа, а также значительно снизить себестоимость выполняемых ими работ.

Проведенные исследования показали пути и способы увеличения производительности машин данного типа, а именно, повышение тяговых характеристик рассматриваемых шасси возможно за счет установки на раме транспортного средства железнодорожных приводных опорно-направляющих тележек. Железнодорожные тележки связываются с рамой транспортного средства при помощи гидроцилиндров подъема-опускания, которые также выполняют и несущие функции. Передняя железнодорожная тележка устанавливается в базе транспортного средства и представляет собой раму, набранную из швеллеров, на которой установлены оси с железнодорожными катками. Заднюю железнодорожную тележку устанавливают за задней осью транспортного средства и связывают с рамой транспортного средства при помощи кронштейна и гидроцилиндров подъема-опускания. Привод устанавливаемых тележек осуществляют за счет гидромоторов, которые приводят во вращение зубчатые передачи, установленные на осях железнодорожных тележек, причем проведенные расчеты, показали, что передаточное отношение зубчатых передач должно быть равно единице. Тяговое усилие, развиваемое транспортным средством, зависит от числа гидромоторов, установленных на данных тележках, т.е. фактически от числа ведущих осей железнодорожных тележек. В зависимости от конструкции выбранного в качестве базы для машин данного типа шасси, также возможно осуществлять привод железнодорожных катков через цепные передачи.

Непосредственное влияние на число устанавливаемых железнодорожных тележек оказывает длина базы транспортного средства, т.е. оно может иметь как одну так и две приводные тележки. Так, если рассматривать в

В.Р. ЧУРИЛО, В.И. ШАРАНДО

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Для контроля плоских участков поверхности ферромагнитных изделий получил распространение предложенный Институтом Фёрстера метод точечного полюса. Его сущность состоит в приведении в соприкосновение с поверхностью изделия и последующем удалении постоянного магнита. Если изделие обладает коэрцитивными свойствами, то на его поверхности сохраняется локальная область остаточной намагниченности или «магнитный след»; величина возникающего возле него внешнего поля оценивается феррозондами. Вследствие большого размагничивающего фактора остаточная намагниченность и величина внешнего поля около полюса пропорциональны коэрцитивной силе материала.

Применение указанного метода контроля осложняется из-за сильного влияния на измеряемый сигнал немагнитного зазора между преобразователем и изделием. Целью исследований было определение возможности создания на базе постоянного магнита устройства контроля коэрцитивных свойств, в котором данный недостаток мог быть уменьшен.

В основу устройства положен разрабатываемый в «ИПФ НАН Беларуси» магнитодинамический метод контроля. При этом решено использовать два сигнала, несущих информацию о разных магнитных параметрах материала контролируемого изделия. Величина одного сигнала в основном определяется свойствами, характеризующими процесс намагничивания, такими как намагниченность насыщения M_s и магнитная проницаемость μ , величина другого – зависит от свойств, говорящих о сопротивлении размагничиванию, таких как коэрцитивная сила H_c и остаточная намагниченность M_r . В то же время оба сигнала зависят от толщины немагнитного покрытия на поверхности. Ставится задача снижения погрешностей контроля за счёт совместного анализа полученных сигналов; для этого необходимо, чтобы измерения велись в одном месте и испытывали влияние одних и тех же посторонних факторов.

Сигнал первого типа (характеризующий индукцию в приложенном поле) можно получить в обмотке, окружающей постоянный магнит, при его установке либо отрыве от ферромагнитного изделия. Для этого достаточно подключить обмотку к веберметру. Сигналы этого типа регистрируются разработанными нашим институтом и ныне широко распространёнными магнитными толщиномерами покрытий серии МТЦ.

П.Я. ЧУДАКОВСКИЙ, А.Б. СОТСКИЙ, *И.У. ПРИМАК

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А.А. Кулешова»

*Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Благодаря значительной длине взаимодействия излучения волноводных мод с исследуемой средой метод волноводной спектроскопии естественно применять для исследования спектров поглощения тонких пленок. Но для успешного проведения соответствующих измерений надо уметь разделить в измеряемых коэффициентах затухания волноводных мод вклады рассеяния света на шероховатой поверхности пленки и поглощения света материалом пленки, иными словами, выполнить фильтрацию поверхностного рассеяния. Настоящее сообщение посвящено разработке алгоритмов такой фильтрации.

Известно, что рассеяние света в реальных оптических волноводах главным образом вызвано дифракцией света на наноразмерных дефектах границы раздела волновод-воздух. Стандартное описание вклада данного эффекта в коэффициент затухания волноводной моды базируется на усреднении дифракционных полей, найденных в первом борновском приближении, по ансамблю поверхностей. Однако при рассмотрении конкретного волновода достаточных оснований для подобного усреднения трудно указать ввиду отсутствия в борновском приближении пространственного усреднения полей. Кроме того, данное приближение не имеет точно установленных границ применимости.

Авторами разработан более точный метод расчета полей рассеяния и коэффициентов затухания волноводных мод, основанный на представлении дифракционных полей в виде спектральных разложений по локальным модам нерегулярной планарной структуры. На его основе предложен алгоритм решения обратной задачи волноводной спектроскопии, осуществляющий автоматическую фильтрацию эффекта рассеяния. Разработан также алгоритм обработки коэффициентов затухания волноводных мод ТЕ-поляризации, измеренных двухпризменным методом, позволяющий разделить вклады поверхностного рассеяния и поглощения. Алгоритмы протестированы в вычислительных экспериментах.

качестве базы для универсального транспортного средства шасси МАЗ-6303, то целесообразно устанавливать две приводные тележки (переднюю и заднюю). Если же в качестве основы взять шасси «Беларус» Ш-406, то вследствие относительно небольшой базы (2864 мм) и небольшой длины (5200 мм) целесообразно установить одну приводную тележку, расположенную в базе.

Увеличение тягового усилия, осуществляется за счет одновременного использования тягового усилия развиваемого за счет ведущих колес шасси и за счет использования тяговой силы приводных тележек.

При движении по автомобильным дорогам опорно-направляющие тележки транспортного средства подняты и зафиксированы, причем все элементы конструкции, необходимые для преобразования транспортного средства для движения по железнодорожному пути, расположены выше дорожного просвета и не ухудшают проходимости. При установке на железнодорожный путь транспортное средство заезжает на него так, чтобы пневматические колеса были расположены по обе стороны рельсовой колеи с одинаковым зазором. Затем посредством гидроцилиндров подъема-опускания производится опускание опорно-направляющих тележек на железнодорожный путь. Посредством гидроцилиндров передней железнодорожной тележки передняя ось транспортного средства поднимается над рельсами на расстояние 30–50 мм.

Движение по рельсам транспортного средства осуществляется с помощью пневмоколес задних ведущих осей и приводных колес железнодорожного хода передней и задней опорно-направляющих тележек.

При съезде транспортного средства с железнодорожного пути гидроцилиндры поднимают переднюю опорно-направляющую тележку и заднюю опорно-направляющую тележку, соответственно, в верхнее положение. При этом передняя ось транспортного средства опускается и устанавливается на пневматические колеса, после чего транспортное средство съезжает с железнодорожного пути.

Транспортное средство имеет возможность заезда на железнодорожный путь, как на переездах, так и вне их; быстрого преобразования автомобильного хода в железнодорожный; безопасного движения по железнодорожному пути, как по прямым, так и кривым участкам; и может найти применение в качестве локомотива для маневровых и поездных работ, а также мобильного энергонасыщенного носителя оборудования по содержанию и ремонту автомобильных дорог и железнодорожных путей.

Ч.Б. ДРОБЫШЕВСКИЙ, А.Н. СМОЛЬСКИЙ, В.Л. ТИХОМИРОВ

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

В ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» ведется разработка универсальной многофункциональной мобильной машины (УМММ), предназначенной для эксплуатации в различных дорожных условиях, климатических зонах и сферах применения. В основу машины положены следующие научно-технические решения.

1. Двигатель переменной тактности (4-х–2-х тактный). Двигатель обеспечивает высокую экономичность при движении в крейсерском режиме, когда он работает по 4-х тактному циклу с наибольшим эффективным КПД, высокие значения динамических параметров при его переключении на 2-х тактный цикл с удвоением мощности, снижение массы и габаритов силовой установки в полтора раза, высокий крутящий момент и тяговые характеристики.

2. Бесступенчатая двухпоточная гидромеханическая трансмиссия. При большой удельной мощности двигателя такая трансмиссия обеспечивает значительно более высокую динамику разгона машины в сравнении с механическими или автоматическими трансмиссиями. Недосток машин, оборудованных механическими трансмиссиями, состоит в том, что диапазон частот вращения двигателя в этом случае определяется передаточными числами коробки передач, в то время как двигатель УМММ в режиме разгона работает на частоте вращения, соответствующей максимальной мощности. Недосток гидромеханических трансмиссий состоит в низком КПД (не более 0,8) трансмиссии из-за значительного скольжения гидродинамического трансформатора. Двухпоточная гидростатическая трансмиссия имеет существенно более высокий КПД – не менее 0,9.

3. Индивидуальный привод колес. Каждое колесо УМММ 4x4 крепится к мотор-шасси, работающему в диапазоне повышенных и пониженных частот вращения. Это обеспечивает высокие внедорожные достоинства УМММ, позволяя доводить до 100 % мощности двигателя на колеса, имеющие хорошее сцепление с дорогой при принудительном отключении вывешенных или буксующих. Применение встраиваемых в гидромоторы двухскоростных планетарных редукторов позволяет в 3,6 раз расширить силовой диапазон регулирования гидростатической трансмиссии при одновременном уменьшении габаритов и массы редукторов по сравнению с конструкциями, содержащими многодисковые фрикционы.

Н.И. ЦУПРЕВ, В.М. ПРУДНИКОВ

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

Рассмотрим влияние операций дифференцирования, усреднения и интегрирования на структуру стандартного сигнала, в качестве которого использована последовательность дельта – импульсов выбранной частоты следования, в дальнейшем – тестовый сигнал.

В общем виде операцию дифференцирования можно представить следующим образом:

$$\frac{d^n X(t)}{dt^n} \Leftrightarrow (j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^n \cdot X(f).$$

На практике используют формулу для вычисления многоточечной производной со сглаживанием:

$$X'(t_k) = \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{3}{m \cdot (m+1) \cdot (2m+1)} \sum_{i=-m}^m i \cdot X(t_{k+i})$$

Операция усреднения по переменному диапазону вычисляется по формуле:

$$X(t_k) = \frac{1}{m+1} \cdot \sum_{i=0}^m X(t_{k+i}) \Leftrightarrow \frac{\sin(m+1)}{m+1} \cdot X(f).$$

Операция численного интегрирования:

$$\int_a^b X(t) d(t) \cong \sum_{k=0}^N X(t_k) \cdot \Delta t \Leftrightarrow \frac{1}{(j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^n} \cdot X(f).$$

Из изложенного выше следует, что алгоритмы численного дифференцирования и аппроксимация сигнала произвольной системой функций должны выбираться с учетом свойств анализируемых сигналов и целей обработки.

В случае обработки сильно зашумленных сигналов численное дифференцирование основано на аппроксимации дифференцируемого сигнала многочленом наилучшего среднеквадратичного приближения.

Пусть $X(t)$ – исходный сигнал равномерно дискретизирован по времени с шагом Δt :

$$t_k = t_0 + k \cdot \Delta t, k = 1, 2, 3, \dots$$

Тогда, многоточечная первая производная имеет вид:

$$X'(t_k) = \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{3}{m(m+1)(2m+1)} \sum_{i=-m}^m i \cdot X(t_{k+i}),$$

где $2m+1$ – количество отсчетов сигнала, требующихся для вычисления его производной в заданной точке t_k .

4. Регулируемая подвеска. Адаптивная гидропневматическая подвеска, состоящая из шарнирно-рычажного (с продольным качающимся рычагом) механизма и гидропневматического цилиндра, обеспечивает повышение проходимости УМММ при движении по бездорожью за счет большого хода колес при их проваливании (до 400 мм); устранение раскачки кузова при движении по неровной дороге за счет регулирования жесткости гидропневматического цилиндра; регулирование по высоте клиренса, при котором его минимальное значение устанавливается при движении с большой скоростью по автомагистралям и максимальное – при движении с малой скоростью по бездорожью; горизонтальное положение кузова за счет разности величин дорожного просвета для передних и задних или левых и правых колес при движении в гору, под гору или по кособоку.

5. Рекуперация мощности. Использование в УМММ инерционного (маховичного) рекуператора мощности обеспечивает перемещение УМММ по трассе на 40–50 км без использования двигателя внутреннего сгорания за счет энергии, запасенной в супермаховике массой 15 кг и частотой вращения 30–60 тыс. об/мин. При движении по городу супермаховик, многократно воспринимающий энергию торможения и отдающий ее для запуска дизеля, позволяет реализовать старт-стопный режим работы двигателя, обеспечивая улучшение экономических и экологических показателей УМММ. Применение инерционного рекуператора мощности позволяет также существенно улучшить динамику разгона и увеличить скорость движения («бросок мощности») в экстремальных ситуациях, снизить расход топлива на 17 % за счет использования для движения до 80 % энергии торможения, реализовать тактическое преимущество УМММ в результате движения с неработающим двигателем.

6. Адаптивная система освещения дороги. Расположение фар УМММ на поворотных суппортах позволяет предотвращать наезд на непреодолимое препятствие при движении в ночное время, т.к. угол поворота фар УМММ прямо пропорционален углу поворота рулевого колеса, что позволяет освещать не обочину, а дорогу впереди для предотвращения особо опасных дорожно-транспортных происшествий.

7. Надежность рулевого механизма. Установка мотор-шасси передних колес на поворотном суппорте обеспечивает возможность выноса рулевого механизма и рулевой трапеции из опасной зоны в закрытый моторный отсек, что существенно повышает надежность и живучесть УМММ. Кроме того, за счет применения повышающих зубчатых секторов (между продольными рычагами рулевой трапеции и «осями» поворотных суппортов) достигается угол поворота колес до 80°, что существенно уменьшает радиус поворота УМММ.

8. Оптимальная компоновка. Несущий корпус УМММ выполняется из силовых элементов, работающих преимущественно на сжатие, и представляет собой ферменную конструкцию. Благодаря выносу трансмиссии и двигателя из межбазового объема увеличивается полезный объем при снижении центра тяжести и сохранении необходимого дорожного просвета.

Д.А. ДУБОВИК

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

Величина и соотношение углов поворота управляемых колес при реализации управляющих действий водителя рулевым колесом определяются значением передаточного числа рулевого привода и кинематикой рулевой трапеции мобильной машины. Последняя формируется характерными особенностями принятой при проектировании кинематической схемы рулевой трапеции, конструктивными и установочными параметрами ее звеньев. Выбор кинематической схемы, конструктивных и установочных параметров звеньев рулевой трапеции осуществляется, как правило, исходя из особенностей конструкции конкретной мобильной машины, а также условий качения управляемых колес по концентрическим окружностям во всем рабочем диапазоне.

Известные из научно-технической литературы методы для оптимизации параметров рулевой трапеции заключаются, в основном, в определении оптимальных значений углов установки поворотных рычагов и длин отдельных звеньев с позиции обеспечения минимальной суммы $(\sum \Delta^2)$ квадратов отклонений действительных углов поворота управляемых колес от их теоретических значений, определяемых из условия качения по концентрическим окружностям. В результате такой оптимизации сумма $(\sum \Delta^2)$ в целом уменьшается, однако получаемые при этом наибольшие значения отклонения Δ , как правило, смещаются в область более вероятных в эксплуатации средних и малых углов поворота управляемых колес. При этом в большинстве случаев оптимизация выполняется без учета влияния получаемых оптимальных параметров на энергетические характеристики ходовой системы и самой мобильной машины.

В настоящей работе разработан метод оптимизации углов поворота управляемых колес с позиции критерия эффективности ходовой системы мобильной машины, основанный на решении задачи условной однокритериальной оптимизации:

$$\eta_{\text{rsa}} = \frac{N_{k\alpha}}{N_k} \rightarrow \max,$$

Н.И. ЦУПРЕВ

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

Известно, что при отсутствии математического описания закона изменения некоторого набора данных для их анализа осуществляется переход из плоскости "отсчет – время" в плоскость "отсчет – частота" с помощью преобразования Фурье.

Любую последовательность данных во времени $X(t)$ можно представить в виде выражения:

$$X(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n (a_i \cdot \cos 2\pi f_0 i t + j b_i \cdot \sin 2\pi f_0 i t),$$

где : $f_0 = 1/T_0$; T_0 – период анализа.

В этом случае имеет место преобразование $X(t) \Leftrightarrow X(f)$.

Дифференцирование сигнала нормализует его относительно оси времени путем подавления постоянной составляющей.

В общем виде операцию дифференцирования можно представить следующим образом:

$$\frac{d^n X(t)}{dt^n} = (j2\pi f)^n \cdot X(f).$$

Дифференцирование сигнала по времени предполагает изменение его спектра таким образом, что происходит как бы проявление некоторых составляющих, характерных только для данного сигнала.

Однако известно, что численное дифференцирование зашумленного сигнала является некорректно поставленной задачей. Это означает, что нарушается одно из трех условий корректности, а именно, сколь угодно малые погрешности в регистрации сигнала могут приводить к сколь угодно большим отклонениям в результате дифференцирования, что приведет к невозможности выделения основных признаков на фоне помех.

Так же, в математическом плане, некорректно поставленной задачей является аппроксимация анализируемого сигнала рядом, в общем случае, не ортогональных функций.

бо с помощью интегральных преобразований (Фурье, Лапласа, Гилберта), либо итерационными методами, либо на основе корреляционных функций.

При этом используются как детерминированные, так и вероятностные характеристики анализируемых сигналов.

Фактором, ограничивающим возможности устройств распознавания речи, является то обстоятельство, что произношение разных людей имеют индивидуальные фонологические характеристики, и смысл произносимого во многом зависит от контекста. Так, диктору трудно все время одинаково произносить даже отдельные слова и в первую очередь соблюдать их длительность. Поэтому, при распознавании предусматривается временная нормализация, т.е. приведение произносимых слов к стандартной длине. При линейной нормализации все части произносимого слова сжимаются или растягиваются во времени одинаково. Нелинейная нормализация предусматривает разное изменение длительности частей слова, как это бывает в естественной человеческой речи. Динамическое программирование – математический метод оптимизации изменения длительности разных частей слова, называемый методом динамической временной деформации.

Однако ни один из методов анализа речевых сигналов не предлагает способа однозначного и конечного кодового описания таких элементов речи как, например, фонема. Особенно неопределенным и зависимым от диктора является интервал временной нормализации.

В результате проведенных исследований разработан способ анализа и метод описания (способ оптимального кодирования) сегментов речевого сигнала путем сравнения его характеристик до и после некоторого преобразования (метод анализа путем оценки реакции характеристик сигнала на воздействие).

В предлагаемом способе оценки распознавание элементов речевых реализаций осуществляется по относительным потерям энергии после параметрического воздействия на переменном интервале анализа.

при следующих ограничениях, наложенных на управляемые параметры – углы α_{ir} и α_{il} поворота правого и левого колес i -го управляемого моста:

$$\begin{aligned} -\alpha_{imax} &\leq \alpha_{ir} \leq \alpha_{imax}, \\ -\alpha_{imax} &\leq \alpha_{il} \leq \alpha_{imax}, \end{aligned}$$

где $N_{k\alpha}$ – мощность, расходуемая ходовой системой на осуществление движения мобильной машины в задаваемом водителем направлении; N_k – мощность, переданная ходовой системе; α_{imax} – максимальный угол поворота колес i -го управляемого моста.

Приводятся результаты применения разработанного метода для оптимизации углов поворота управляемых колес внедорожной машины МЗКТ-79305 с колесной формулой 8х8 и двумя передними управляемыми мостами.

Анализ полученных результатов позволил установить, что условие обеспечения качения управляемых ведущих колес по концентрическим окружностям не обеспечивает ходовой системе максимальную эффективность во всех условиях эксплуатации мобильных машин.

Установлено, что значения оптимальных соотношений углов поворота управляемых ведущих колес зависят как от величины угла поворота рулевого колеса, так и от кинематических параметров движения мобильной машины. Показано, что рассогласование действительных углов поворота управляемых ведущих колес внедорожной машины МЗКТ-79305 составляет 4,54 %, приводит к снижению эффективности ходовой системы, которое зависит от углов поворота управляемых колес и отклонения действительных углов поворота от их теоретических значений, и достигает 0,54 %.

По результатам проведенных исследований, делается вывод о том, что одним из путей повышения эффективности ходовых систем мобильных машин является разработка и применение в их конструкции рулевых управлений с регулируемой кинематикой поворота управляемых колес, обеспечивающей изменение и реализацию оптимальных значений углов поворота управляемых колес в зависимости от величины угла поворота рулевого колеса и кинематических параметров движения мобильной машины.

А.А. ЕРМАЛИЦКИЙ, Д.В. КЛОКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

С использованием разработанных математических моделей рассмотрено влияние параметров гидроманипулятора и груза – сортиментов (хлыста) на динамические показатели устойчивости и нагруженности машины.

Исследованиями установлено, что при подъеме груза стрелой гидропогрузчика возникают деформации в шинах, аутригерах, подвеске базового автомобиля. В этом случае необходимо проводить комплексное исследование, при котором все параметры системы играют определенную роль.

Результаты вычислений по соответствующей степени свободы показывают, что изменение динамических показателей в системе представляется в виде ярко выраженных затухающих колебаний. В процессе подъема пачки сортиментов и комлевой части хлыста на неустановившихся режимах самыми значительными являются амплитуды колебаний приведенной массы, сосредоточенной в точке захвата груза 0,35–0,51 м и дискретной массы хлыста, сосредоточенной в его центре тяжести 0,18–0,19 м.

Для оценки колебательного процесса системы при переходном режиме вычислялись: логарифмический декремент затухания $\delta = \ln(q_i / q_{i+1})$ и частота колебаний $\omega_i = 2\pi / T$. Максимальные значения показателя δ соответствуют работе лесопогрузочной машины с длинномерным грузом.

Интенсивность затухания колебаний, в значительной степени, зависит от приведенной жесткости и вылета стрелового оборудования гидроманипулятора, а частоты собственных колебаний системы – от инерционно-массовых, геометрических и жесткостных параметров предмета труда.

Пределы изменения частот собственных форм колебаний варьируются от $4,3 \text{ с}^{-1}$ до $5,4 \text{ с}^{-1}$. Максимальные частоты наблюдаются при разгоне и торможении штока гидроцилиндра ($\omega_i = 18,5\text{--}31,54 \text{ с}^{-1}$).

Кривые собственных колебаний упругих элементов системы происходят с частотой основного тона, однако, на начальном промежутке времени (до $t = 2,5\text{--}3 \text{ с}$) наблюдаются случаи двухкомпонентных кривых колебаний с существенным соотношением частот. Причем с увеличением скорости нарастания возмущающего воздействия до значений $\dot{\alpha} = 0,3 \text{ рад/с}$ резко возрастают амплитуды высокочастотных составляющих процесса.

Вид предмета труда оказывает значительное влияние на частоту колебаний всех элементов системы. Так, при подъеме комлевой части хлыста основная частота в 1,72–1,85 раза выше, чем при поднятии пачки сорти-

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

Проблема анализа и распознавания речи как часть общей задачи ввода информации в ЭВМ на естественном языке, является одной из приоритетных проблем, связанных с созданием систем с искусственным интеллектом. Достаточно отметить, что задача создания систем данного класса на ближайшее десятилетие является одной из основных для таких разработчиков и производителей вычислительных средств и информационных технологий как IBM и Microsoft.

Основными направлениями исследований в области речевого общения являются:

- распознавание речевых образов и их интерпретация;
- идентификация и верификация диктора;
- синтез речевых сообщений.

В настоящее время наиболее качественное распознавание речи обеспечивают устройства, работающие с ограниченным словарем, ориентированные на одного диктора.

Вместе с тем, активно проводятся работы по распознаванию слитной речи независимо от диктора. Осуществляются также попытки не только поэлементного распознавания речи, но и анализа смысла речевой реализации. При этом в различных исследованиях в качестве объекта анализа принимается фонема, слог, слово.

Исследования в области синтеза и распознавания речи ведутся в 12 университетах Западной Европы и на них ассигновано более 170 млн. \$ США.

Основными производителями систем распознавания речи являются фирмы IBM, Centigram Corp., Interstate Electronics, Threshold Technology, Verbex Corp., Votan Inc.(США), NEC (Япония), Marconi, Secure Radio Systems (Великобритания).

Распознавание речи является одним из видов распознавания образов, основанным в настоящее время на сравнении входного сигнала с эталонами, заранее произнесенными диктором и хранящимися в запоминающем устройстве.

В большинстве систем речевого общения анализ речевых сигналов с целью их описания осуществляется с помощью оценки фактических характеристик сегментов текущей реализации, расчет которых производится ли-

УДК 535.32: 621.378
ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НА ОСНОВЕ НАНОСЛОЕВ
ОКСИДОВ И ОКСИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А.В. ХОМЧЕНКО, В.Г. ГУЗОВСКИЙ, И.У. ПРИМАК, *Г.П.ШЕВЧЕНКО,
И.А. КОРНЕЕВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Учреждение БГУ
«НИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ»
Могилев, Минск, Беларусь

В настоящем сообщении рассмотрены результаты исследований оптических свойств тонкопленочных наноразмерных структур на основе оксидных полупроводников и нанокompозитных материалов $\text{GeO}_2\text{-Pd}$ в условиях адсорбции молекул газа методами волноводной и фотомодуляционной спектроскопии.

Изучены условия формирования и термостимулированные процессы в нанокompозитных пленках состава (мол.%) $99\text{GeO}_2\text{-1Pd}$, полученных из GeO_2 -золей, содержащих ионы Pd(II) . Установлено, что пленки хорошего качества толщиной 50–500 нм при послойном нанесении композитных золой на кварцевые подложки, формируются при концентрации GeO_2 в золе равной 3,0–3,5 % и температуре 300 °С. Высокая адгезия к подложке обеспечивается за счет предварительного нанесения GeO_2 подслоя. Показано, что в исследуемых пленках образуются наночастицы Pd размером 10 нм при 275 °С ($\lambda_{\text{max}} = 240$ нм). Полученные пленки $\text{GeO}_2\text{-Pd}$ перспективны в качестве сенсоров водорода.

Проанализированы вопросы чувствительности датчиков газов на основе полупроводниковой пленки и возможности ее повышения. Выполнено моделирование изменений волноводных свойств пленки вследствие адсорбции газа ее свободной поверхностью. В частности, для пленки из двуокиси олова, легированной сурьмой (толщина пленки 0,1 мкм, концентрация сурьмы в ней $4 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$), расположенной на кварцевой подложке, относительное изменение мнимой части постоянной распространения основной моды ТЕ-поляризации на длине волны $\lambda = 0,6328$ мкм при адсорбции молекул газовой примеси с поверхностной плотностью $3 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-2}$ составило 45 %. Это значение хорошо согласуется с результатами измерений $\Delta h''$ для полупроводникового интегрально-оптического датчика концентрации ацетона в воздухе. Показано, что с уменьшением отношения толщины полупроводниковой пленки к эффективной длине Дебая чувствительность датчика возрастает, о чем свидетельствуют результаты экспериментов для полупроводникового интегрально-оптического датчика концентрации аммиака в воздухе.

ментов. Увеличение жесткости хлыста $c_{\text{хл}}$ отрицательно сказывается на частотном режиме работы установки. Для исследуемого интервала $c_{\text{хл}}$, частота колебаний дискретных масс хлыста m_2 и m_3 возрастает почти в 2 раза. Увеличение жесткости гидроманипулятора $c_{\text{гм}}$ до 1000 кН/м приводит к замедлению темпов затухания колебательного процесса на 38–42 %.

Сравнительный анализ характера изменения кривых колебаний перемещений и ускорений динамически эквивалентных масс системы свидетельствует о незначительном влиянии на динамику устройства типа шасси базовой машины ввиду частичной блокировки его работы аутригерами гидроманипулятора. Однако уменьшение вылета опор l_a с 1,9 м до 1,1 м вызывает интенсивные поперечно-угловые колебания корпуса машины, характеризующиеся значительными знакопеременными нагрузками на раму и колеса. При этом угол поперечного крена θ подрессоренной массы тягача изменяется от 0,35 до 1,28°, а частота ее собственных колебаний уменьшается более чем в 2 раза. При жесткости аутригера $c_a = 30000$ кН/м, возможно снижение динамического крена почти в 2 раза. При этом угловые ускорения подрессоренного корпуса изменяются незначительно.

Исследования показали, что при рассматриваемых переходных режимах в опорах ЛПМ возникают существенные динамические реакции R_i , которые требуют учета. Динамические реакции левой R_1 и правой R_2 опор представляются в виде затухающего колебательного процесса относительно некоторых средних статистических величин, причем наибольшее значение $R_{i \text{ max}}$ приходится на первый максимум. Время нарастания нагрузки до максимального значения составляет 1 с. При погрузке сортиментов в диапазоне времени до 2 с для динамических реакций R_1 и R_2 характерно проявление гармоник более высокой частоты. На колебания нагрузки, происходящие с собственной частотой 4,83–5,21 с⁻¹ накладываются колебания, частота которых 24,17–29,91 с⁻¹. При подъеме комлевой части хлыста на характер кривых колебаний R_i оказывает влияние высокочастотная составляющая в 3,83–4,06 раза превышающая основную частоту, вызванная перемещением дискретной массы m_3 , сосредоточенной в центре тяжести длинномерного груза.

Сравнительный анализ значений динамических реакций показал, что при подъеме пачки сортиментов R_2 для непрорессоренного шасси трактора в 2,4–2,5 раза выше, чем для подрессоренного шасси автомобиля, и, в начале переходного режима, на максимальном вылете стрелы, ее величина может достигать 12–14 кН.

Проведенный анализ позволяет оценить поперечную устойчивость гидроманипуляторных лесопогрузчиков, обосновать весовые и жесткостные параметры элементов подвески, шин, аутригеров, гидроманипулятора, определить рациональные соотношения между параметрами и режимами работы лесопогрузочной машины.

В.И. ИВАНОВ

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

В настоящее время в Республику Беларусь поступают зарубежные краны, в которых для привода механизмов используют асинхронные двигатели для применения с преобразователями частоты.

Ведущие краностроительные фирмы Европы уже достаточно давно применяют автоматическое управление приводами с использованием микропроцессоров, энкодеров и тиристорного управления.

В России также существуют предприятия и организации успешно работающие в этом направлении, как при проектировании и изготовлении новых кранов, так и при модернизации находящихся в эксплуатации.

Главные преимущества указанных систем:

- плавное регулирование скорости в широких пределах при постоянном моменте нагрузки;
- использование более дешевых асинхронных двигателей с контактными кольцами для приводов кранов с питанием от преобразователей частоты;
- возможность использования тормозов в механизмах подъема только для удержания груза на весу; остановка движения груза при этом осуществляется электроприводом, что значительно уменьшает динамические нагрузки на детали механизма подъема;
- возможность применения механизмов передвижения и поворота кранов без тормозных устройств, когда остановка механизма осуществляется на заданном пути и с заданной скоростью с помощью системы электропривода;
- возможность позиционирования подвески крана с помощью инкрементальных энкодеров;
- пуск и торможение механизмов крана с заданным ускорением;
- экономия электроэнергии благодаря высокому к.п.д.

Подобные системы кранового электропривода реализованы на уникальном литейном кране грузоподъемностью 400 т, спроектированным и изготовленным на «Уралмашзаводе». В эксплуатации находятся краны мостовые, электрические общего и специального назначения, козловые, рейферные, клещевые, колодцевые, башенные и др., грузоподъемностью от 5 до 520 т, с короткозамкнутыми асинхронными двигателями.

К.В. ФРАНЦКЕВИЧ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Контроль содержания микроколичеств токсичных элементов в биологических объектах атомным эмиссионным спектральным методом представляет определенную сложность. Особая трудность определения молибдена обусловлена малым содержанием его в пробах и невысокой летучестью этого элемента и его соединений.

Результаты исследований показали, что поступление молибдена в плазму дуги из минерализованных проб биологических объектов, помещенных в канал угольного электрода, происходит неравномерно и обычно имеет два максимума временной зависимости интенсивности спектральных линий. Это обусловлено тем, что в начале действия разряда в плазму поступает небольшая часть легколетучих соединений молибдена. Оставшаяся часть восстанавливается до медленно испаряющегося в дуге металла. В дальнейшем при его взаимодействии с материалом стенок электрода и угольным порошком, содержащимся в пробе, образуются труднолетучие карбиды молибдена.

Для повышения чувствительности определения молибдена предложен способ контроля с использованием реакции фторирования. При избытке фторирующего реагента в веществе пробы образуется летучий фторид молибдена MoF_6 . За счёт этого не только увеличивается скорость поступления молибдена в плазму, но и удается избежать перекрытия линий молибдена мешающими линиями железа вследствие образования нелетучих фторидов железа и уменьшения скорости их поступления в плазму. В качестве фторирующего реагента-носителя используется фтористая медь CuF_2 , а также фторопласт, который добавляется в пробу для создания избытка фтора. С целью создания восстановительной среды в электроде добавляется угольный порошок.

При проведении измерений рекомендуется использовать камерные электроды разных конструкций (графитовые с прямым нагревом или металлические с принудительным подогревом).

Применение реакции фторирования и камерных электродов позволяет повысить чувствительность определения молибдена в пробах биологических объектов. При этом аналитические линии молибдена не перекрываются линиями железа за счет образования нелетучих фторидов железа, а время экспозиции сокращается.

Результаты расчёта представлены на рис. 1.

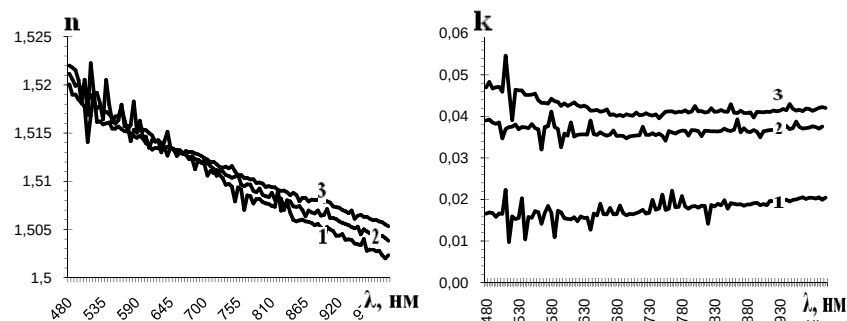


Рис. 1. Спектральные зависимости n и k от длины волны λ для стеклянной подложки, при углах падения 65° – 1, 70° – 2; 75° – 3

Анализ представленных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Как видно из рис. 2. на разных углах падения графики отличаются. Это говорит о том, что на поверхности стеклянной пластинки присутствует поверхностный слой, который при расчётах не учитывается, а следовательно, не позволяет получить воспроизводимые характеристики объема. Этот слой существует всегда независимо от качества обработки стеклянной пластинки.

2. С увеличением угла падения наблюдается увеличение показателя экстинкции. Это свидетельствует о том, что обнаруженный поверхностный слой является рассеивающим. Толщина этого слоя приблизительно 6 нм.

Таким образом, установлено наличие на поверхности стеклянной подложки рассеивающего слоя толщиной около 6 нм, который следует учитывать при решении обратной задачи эллипсометрии. Очевидно, параметры таких поверхностных слоёв будут зависеть от качества обработки материала и если провести градуировку прибора по классам точности обработки стеклянных подложках, то можно производить с хорошей точностью контроль параметров качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков, В. И. Эллипсометрия / В. И. Горшков. – М.: Сов. Радио, 1974. – 200с.
2. Скалецкая, И. Е. Введение в прикладную эллипсометрию / И. Е. Скалецкая. – СПб. – 2007. – 172 с.
3. Ковалев, В. И. Приборы и Техника эксперимента / В. И. Ковалев, А. И. Руковишников. – 2003. – №2. – Р. 164–167с.

УДК 662.6/8 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Д.С. КОРОЛЁНОК, А.С. КОРОЛЁНОК

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»
Горки, Беларусь

Поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются одной из важнейших составных частей энергетического комплекса Республики Беларусь.

Когда вопросы экологии имели чуть ли не последнюю значимость при проектировании двигателей, подачу воды применяли для снижения температуры деталей ДВС и увеличения антидетонационного эффекта. Сегодня все больше исследователи отмечают эффект воздействия воды в рабочем процессе двигателя на выбросы вредных веществ с ОГ.

В мире разработано и исследовано несколько десятков способов подачи воды в двигатель. Практическое применение нашли способы подачи в виде водотопливной эмульсии с помощью стандартной топливной аппаратуры, а также в жидком виде с некоторой модификацией системы топливоподачи.

Специально подогретая вода впрыскивается (распыляется) непосредственно в цилиндры дизельного двигателя. От контакта с горящим топливом, раскалённым поршнем и цилиндром, вода вскипает, и расширяющийся пар помогает рабочим газам приводить поршни в движение. Здесь впрыск воды фактически заменяет собой турбонаддув. Расширяющийся в цилиндре пар для экологии значительно безопаснее, чем сжатый воздух, содержащий в себе до 80 % азота, из которого, при высокой температуре (и давлении) образуются губительные для природы химические соединения с избыточным кислородом. Кроме того, лишний кислород в сильно сжатом воздухе приводит к нежелательному обгоранию цилиндров, поршней, поршневых колец, клапанов и окислению электрических контактов свечей. Некоторые специалисты уверяют, что даже после многих лет эксплуатации ДВС с впрыском воды, внутренняя поверхность цилиндров выглядит как новая. Более эффективное непосредственное охлаждение (и смазывание) водой раскалённых и интенсивно трущихся поверхностей цилиндра продлевает жизнь всего двигателя. Помимо прибавки мощности и экономии топлива ~ на 15–20 %, существенно улучшается и охлаждение двигателя, так как здесь цилиндры охлаждаются водой не столько снаружи, сколько изнутри. К сожалению, по причине очень сложной настройки и сравнительной дороговизны, двигатели с впрыском (инъекцией) воды распространение получили только в авиации, автоспорте и любительских автосамоделках (в последнем случае не всегда оправдывают себя). Но дости-

жения современной науки и техники, особенно электроники, позволяют надеяться на большую эффективность двигателей с впрыском воды.

Именно электроника должна регулировать точное дозирование инжектируемой в цилиндры воды, её предварительный подогрев от внешних стенок цилиндра (в водяной рубашке) и от выхлопного патрубка с глушителем, каталитическим нейтрализатором и сажевым фильтром, чтобы в момент впрыска температура воды максимально приближалась к своей точке кипения, которая в сжатой газовой среде неизбежно повышается. Разумеется, при давлении в цилиндрах, порой более 49 МПа, температура кипения воды будет значительно выше. Предварительный подогрев воды необходим для улучшения процесса парообразования - чем больше воды вскипит в цилиндрах работающих ДВС, тем больше экономится топлива. При избыточном нагреве цилиндра, микропроцессор может увеличить подачу в него воды, при этом, снизить подачу топлива ровно настолько, чтобы от этой замены, при существующей нагрузке, ощутимо не изменилась скорость вращения маховика двигателя, установленная водителем на данный момент. В идеале (при хорошей регулировке), двигателю с впрыском воды уже не нужен громоздкий радиатор, а также вентилятор, дополнительно обдувающий двигатель снаружи. В этом случае водяной насос, помимо своей надёжности должен, независимо от режима работы ДВС, быстро и точно изменять производительность и давление подаваемой им воды. Давление воды, в охлаждающей водяной рубашке, электроникой регулировать желательно в каждом такте работы двигателя, так как сильно нагретые цилиндры (особенно из сплавов лёгких металлов) становятся мягкими и под большим давлением деформируются, образуя либо нежелательные зазоры между поршнями и цилиндрами, либо недопустимые выпуклости, препятствующие движению поршней. Вода должна быть хорошо очищена, иначе накипь быстро закупорит тонкие отверстия распылителя форсунок. Чтобы за очень короткое время одного такта двигателя (1/250 долю секунды) вода успела полностью вскипеть ещё в цилиндре, её необходимо распылять очень мелкими капельками через множество маленьких отверстий (диаметром около 0,1 мм) под большим давлением.

Впрочем, допустимо, чтобы какая-то часть воды переходила в пар уже после выхода из цилиндра в выпускной коллектор. Тогда удастся снизить температуру и шум выбрасываемых автомобилями газов, а увеличенный от образовывавшегося или перегретого пара объём позволит эффективно вращать электрическую турбину, установленную внутри этой же трубы. Таким же способом следует максимально подогревать и топливо, поступающее в цилиндры двигателя. Тогда нагревшись, оно станет менее вязким, легче проходить будет через очень узкие проходы форсунок, тоньше распыляться, лучше смешиваться с воздухом, воспламеняться и полнее сгорать, что, позволит продлить срок их жизни.

УДК 535.51
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ

Д.В. ТКАЧЁВ, Л.Е. СТАРОВОЙТОВ

Учреждение образования
«МОГИЛЁВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

В работе рассмотрена возможность применения эллипсометрии для контроля качества обработки поверхности стеклянной подложки. Объектом исследования является стеклянная пластинка, которая служит подложкой для фотовольтаических элементов.

Как известно, эллипсометрия – это метод исследования свойств границы раздела различных сред и происходящих на ней явлений (адсорбции, окисления и др.) по параметрам эллипса поляризации отраженного света. Данный метод является неразрушающим, бесконтактным и обладает высокой точностью и чувствительностью, что выгодно отличает его от других методов исследования поверхности. В результате применения этого метода определяются спектральные зависимости основных эллипсометрических параметров $\tan\psi$ и $\cos\Delta$. Первый из них описывает относительное изменение после внешнего отражения амплитуд р- и s- компонентов падающего света, а второй возникающую разность фаз между этими же компонентами. Характеристики углов ψ и Δ отраженного света связаны по формуле

$\tan\psi e^{i\Delta} = \frac{R_p}{R_s}$, которая является основным уравнением эллипсометрии [1].

Через данное уравнение можно выйти на оптические и геометрические характеристики изучаемого образца. К оптическим характеристикам относятся показатель преломления n и показатель ослабления света (экстинкции) k , обусловленный механизмами поглощения и рассеяния [2].

Анализ эллиптической поляризации осуществляется с помощью эллипсометра. В нашем случае этот анализ проводился с помощью автоматического оригинального эллипсометра ES – 2, который позволяет исследовать состояние поляризации света в спектральном диапазоне от 400 до 1100 нм [3].

Были получены экспериментальные спектральные зависимости $\cos\Delta$ и $\tan\psi$ исследуемых образцов в области от 480–1000 нм при углах падения 65° , 70° , 75° .

В результате обработки экспериментальных данных в рамках решения обратной задачи для полубесконечной модели, были получены зависимости показателя преломления и экстинкции от длины волны.

Н.А. СТАРОВОЙТОВА, А.М. СТАРОВОЙТОВ

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

В процессе нанесения защитных покрытий на детали используется комплекс оборудования, включающий плазмотрон, источник постоянного тока, водяной насос, компрессор, питатель и вентилятор. Все эти устройства при работе издают звуки различной частоты и интенсивности. Наиболее мощным источником звука является работающий плазмотрон, в котором звуковая волна возникает в процессе генерации плазмы в канале сопла.

На спектральный состав звуковой волны влияют среди прочих такие факторы, как расход и состав плазмаобразующего газа, сила тока и напряжение на дуге, изменение геометрических параметров сопла и катода при их выгорании в процессе работы.

В связи с тем, что износ расходных деталей плазмотрона в результате тепловой эрозии приводит к существенному изменению свойств дуговой плазмы (снижение к.п.д. плазмотрона, перераспределение тепловых полей, ведущее к снижению качества напыляемого покрытия) существует необходимость контроля за состоянием теплонагруженных частей плазмотрона.

С целью определения работоспособности катода непосредственно в процессе напыления по изменению звукового сигнала были сделаны две звукозаписи работающего оборудования с использованием нового катода и катода со значительным износом. При проведении звукозаписи использовался микрофон web-камеры, подсоединенной к компьютеру. Это позволяет анализировать одновременно ИК-видео-сигнал от камеры (при условии использования ИК-фильтра излучений) и аудио-сигнал, т.е. значительно увеличивает информативность контроля.

Для обработки звукозаписей применялась программа Sonic Visualiser, имеющая ряд специальных аналитических функций.

В результате проведенного эксперимента обнаружены существенные различия аудио-сигналов от оборудования с новым и изношенным катодом, заключающиеся в увеличении интенсивности низкочастотных колебаний при работе с изношенным катодом.

В настоящее время проводится работа по созданию портативной системы мониторинга режимов работы установки для плазменного напыления, а также процесса нанесения защитных покрытий, основанной на использовании web-камеры в качестве приемника видео и аудио сигналов и ноутбука.

В.С. КУКЛИН, А.С. НОВИКОВ, В.В. ГЕРАЩЕНКО

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

Для снижения затрат на эксплуатацию машин возникает задача создания измерителей крутящих моментов, устанавливаемых на транспортные средства для диагностирования и управления нагрузочными режимами дизельных двигателей. Разработанный измеритель крутящего момента содержит первый и второй металлические диски с радиальными прорезями и выступами, которые установлены по концам упругого вала. Преобразователи импульсные установлены с обеспечением возможности прохождения прорезей и выступов каждого диска вблизи соответствующего преобразователя. Последовательно соединенные триггер, выполненный на двух биполярных транзисторах и четырех резисторах; эмиттерный повторитель, выполненный на биполярном транзисторе и резисторе; сглаживающий фильтр, выполненный на резисторе и конденсаторе, соединены с соответствующими выводами выходов преобразователей.

В исходном состоянии первый транзистор триггера закрыт, а второй транзистор открыт. Поэтому напряжение на коллекторе второго транзистора равно нулю, а на коллекторе первого транзистора принимает максимальное значение. При вращении нагруженного вала, первый диск проходит вблизи первого преобразователя и на выходе последнего формируется первый импульс, который подается на базу первого транзистора. Первый транзистор открывается, а второй транзистор закрывается. На коллекторе второго транзистора появляется положительное напряжение. Во время эксплуатации карданные валы закручиваются на угол, пропорциональный приложенному моменту. Второй диск закручивается относительно первого диска. Поэтому на выходе второго преобразователя формируется импульс, имеющий фазовое смещение относительно первого импульса, сформированного первым преобразователем. Сформированный импульс подается на базу второго транзистора. Второй транзистор открывается, а первый транзистор закрывается. На коллекторе второго транзистора опять устанавливается напряжение равное нулю. Поэтому на выходе второго транзистора формируются прямоугольные импульсы, длительность которых пропорциональна моменту на валу, а после сглаживания фильтром появляется напряжение, уровень которого пропорционален моменту.

УДК 629.3
УПРАВЛЕНИЕ БЛОКИРОВАНИЕМ ГИДРОТРАНСФОРМАТОРА
АВТОМОБИЛЯ ПО КРИТЕРИЮ ДИНАМИЧНОСТИ

В.И. КУРСТАК

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

Применение гидротрансформатора (ГДТ) в трансмиссии автомобиля позволяет получить прогрессивную тяговую характеристику, что обусловлено способностью ГДТ изменять передаточное отношение и коэффициент трансформации в процессе преобразования параметров передаваемого потока энергии от двигателя к ведущим колесам автомобиля. КПД гидротрансформатора существенно ниже, чем у механических коробок передач. Поэтому возникает необходимость эффективного использования ГДТ на режимах работы с высокими значениями КПД. На таких режимах ГДТ целесообразно блокировать, в результате чего все его механизмы вращаются как единое целое, не преобразуя параметры потока энергии. Водитель не в состоянии выбрать оптимальный момент времени в процессе разгона для блокирования, т.к. ГДТ обеспечивает устойчивое движение автомобиля на любой передаче и в любых дорожных условиях. Поэтому процесс управления блокированием ГДТ нуждается в автоматизации.

Получение характеристик блокирования осуществлялось на основе математического моделирования процессов движения автомобиля БелАЗ–7555Е. На автомобиле установлен дизельный двигатель фирмы Cummins QSK19–С750 мощностью 559 кВт при 2100 об/мин с электронным управлением подачей топлива, обеспечивающим всережимное регулирование частоты вращения вала двигателя. Гидромеханическая передача включает четырехколесный одноступенчатый гидротрансформатор ЛГ–470ПП и шестиступенчатую коробку передач. Математическая модель учитывает инерционные свойства всех механизмов автомобиля, скоростные и нагрузочные характеристики двигателя и гидротрансформатора, а также характеристики сопротивления движению автомобиля. Упругие свойства элементов трансмиссии и шин не оказывают существенного влияния на показатели эффективности и поэтому не учитываются.

Для оценки тягово-скоростных свойств автомобиля использовалась средняя скорость автомобиля, которая является обобщенным показателем эффективности и принята в качестве критерия оптимальности характеристики управления блокированием ГДТ. Средняя скорость подлежит максимизации. Максимальное значение средней скорости достигается при условии, если ускорение автомобиля будет максимальным в течение фазы работы ГДТ на режиме трансформации и в фазе движения с заблокированным ГДТ. Критерий равенства ускорений называется критерием динамич-

ми каналами распространяется по диэлектрической среде, что для ряда приложений нежелательно.

Возможный путь преодоления указанных ограничений состоит в отыскании конфигурации ФКВ, позволяющей снизить процентное содержание воздуха в оболочке. В данной работе подобный анализ выполнен для капиллярных ФКВ, которые образованы параллельными кварцевыми капиллярами кругового сечения, расположенными в гексагональном порядке. В отличие от ФКВ с воздушными каналами кругового сечения, в капиллярных ФКВ присутствуют межкапиллярные воздушные каналы квазитреугольного сечения, которые существенно влияют на модовые характеристики волокна.

Нами промоделированы свойства капиллярных ФКВ с поллой сердцевинной в виде дефекта капиллярного фотонного кристалла, полученного удалением из него одного капилляра. Расчеты выполнены строгим методом интегральных уравнений. Показано, что предложенная конфигурация ФКВ позволяет обеспечить разреженный спектр мод сердцевины, вследствие чего облегчается создание одномодового волокна. Установлено, что при использовании толстостенных капилляров с пропорцией $d/\Lambda \sim 0.46$ (содержание воздуха в оболочке около 28 %) капиллярное ФКВ может быть одномодовым и иметь пониженный более чем в два раза, по сравнению с аналогичными волокнами, образованными воздушными каналами кругового сечения, интеграл перекрытия поля моды с диэлектрической средой. Эти особенности кардинально облегчают создание ФКВ для указанных выше приложений.

Кроме того, показано, что при расположении вещественной части постоянной распространения моды в запрещенной зоне капиллярного фотонного кристалла имеет место экспоненциальное убывание коэффициента затухания вытекающей моды с ростом числа гексагональных колец капилляров, окружающих сердцевину волокна. Это свойство, а также обнаруженная гигантская дисперсия групповой скорости основной моды капиллярного ФКВ в окрестности границы запрещенной зоны оболочки определяют перспективность использования исследованных волокон в импульсной оптике с целью компенсации уширения импульсов и компрессии chirпированных импульсов.

Исследована чувствительность оптического сенсора аммиака в воздухе. В качестве селективного чувствительного элемента рассмотрено покрытие ФКВ в виде пленки двуокиси олова толщиной 0,1 мкм, легированной сурьмой. Показано, что осаждение на поверхность чувствительного элемента слоя молекул аммиака толщиной 1 нм существенно изменяет спектр коэффициента затухания основной моды ФКВ. Для обнаружения модуляции спектра пропускания волокна достаточно использовать отрезок волокна длиной 25 см.

УДК 535.31
КАПИЛЛЯРНОЕ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО
ДЛЯ СЕНСОРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

А.Б. СОТСКИЙ, О.А. БЕЛЬСКАЯ, *Л.И. СОТСКАЯ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»

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

Среди микроструктурных оптических волокон, образованных воздушными каналами в диэлектрической среде, особое положение занимают фотонно-кристаллические волокна с полый сердцевинной (ФКВ). В таких волокнах излучение распространяется в основном по газовой среде, заполняющей сердцевину. Это свойство привлекательно для ряда приложений в сенсорных системах. Сюда, в частности, относится создание газоанализаторов на основе вынужденного комбинационного рассеяния, сенсоров адсорбционных слоев молекул и сенсоров показателя преломления сред, заполняющих полую сердцевину. ФКВ перспективны также для передачи мощного лазерного излучения без повреждения материала волокна с целью оптической сварки и резки материалов.

Основная проблема, возникающая при создании ФКВ для названных приложений, состоит в отыскании конфигурации и изготовлении одномодового волокна исходя из условия, чтобы постоянная распространения его моды находилась в запрещенной зоне двумерного фотонного кристалла, образующего оболочку волокна, ибо только в этом случае реализуется резонансное отражение света от оболочки.

В настоящее время принято считать, что для обеспечения данного условия оболочка волокна должна содержать значительную (более 82 %) фракцию воздуха. Для таких волокон характерны весьма тонкие диэлектрические перемины между соседними воздушными каналами оболочки. В частности, в случае наиболее детально исследованных в настоящее время ФКВ, образованных воздушными каналами кругового сечения, расположенными в гексагональном порядке в кварцевой матрице, отношение диаметров каналов d к расстоянию между их центрами Λ должно превосходить 0,95. Эта особенность затрудняет изготовление качественных волокон вследствие деформации тонкостенных капилляров, неизбежно возникающей при вытяжке волокна. Кроме того, известно, что значительная доля энергии основных мод ФКВ с тонкими переминыками между воздушными

каналами. Параметрами характеристик управления блокированием ГДТ являются пороговые значения скоростей автомобиля v_n , при которых необходимо блокировать ГДТ. Оптимальные их значения переменны и зависят от многочисленных факторов. Дорожные условия характеризуются продольным уклоном h , а скоростной режим двигателя – координатой положения педали акселератора γ_a .

В ходе работ были определены характеристики блокирования ГДТ для всех передач при различных уровнях нагрузки K_n . Установлено, что пороговое значение скорости $v_{n,d}$ зависит от величины уклона h и положения педали акселератора γ_a , и также существенно зависит от уровня нагрузки K_n . Для учета установленных зависимостей, при разработке алгоритма управления блокированием ГДТ, в качестве информационных переменных приняты ускорение a , уровень нагрузки K_n и положение педали акселератора γ_a , т.к. эти переменные легко поддаются измерению. Влияние h на характеристику управления в достаточной мере отображается совокупностью переменных a и K_n .

Выполненные исследования показывают, что для карьерного самосвала БелАЗ–7555Е изменение γ_a в пределах 90–100 % практически не влияет на пороговое значение скорости $v_{n,d}$. При переходе же границы $\gamma_a = 90$ % в ту или иную сторону происходит резкий излом характеристик управления.

Получены зависимости частоты вращения турбины ГДТ n_t и скорости автомобиля v от ускорения a при $\gamma_a = 90$ % и различных уровнях нагрузки K_n . В соответствии с характером полученных зависимостей, принято уравнение двумерной квадратичной регрессии. Также получены зависимости n_t и v от a при значениях $65 \leq \gamma_a \leq 90$ и различных K_n . Для учета влияния всех факторов на величину n_t использовано трехмерное квадратичное уравнение регрессии.

Оценка адекватности и работоспособности полученных регрессий осуществлялась по критерию Фишера F и коэффициенту детерминации R^2 .

В результате выполненных исследований, получены регрессионные характеристики управления блокированием ГДТ на всех передачах ГМП и разработаны алгоритмы управления, использованные в созданной мехатронной системе автоматического управления гидромеханической передачей автомобиля БелАЗ–7555Е. Проведенные стендовые и ходовые испытания показали высокую эффективность системы управления. Средняя скорость автомобиля на контрольном участке заводского испытательного полигона оказалась на 14–16 % выше, чем у серийного автомобиля с командным управлением.

УДК 625.8
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

В.В. КУТУЗОВ

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

В настоящее время в нормативно-технической документации и методических рекомендациях эксплуатационные затраты на поддержание и восстановление работоспособности, трудоемкость и продолжительность нахождения машины в технических обслуживаниях (ТО) и ремонтах равномерно распределены на межремонтный период. Анализ изменения показателей работы строительных и дорожных машин (СДМ) показывает, что с увеличением наработки с начала эксплуатации и до капитального ремонта продолжительность простоев в ремонтах для отдельных машин возрастает до 70 % и их трудоемкость увеличивается в 5 раз, затраты на поддержание и восстановление работоспособности возрастают до 50 %, а производительность снижается до 40 %. Изменение показателей СДМ с истекшим сроком службы, и их на территории Республики Беларусь более 50 % от общего числа, в разы отличаются от приведенных. При планировании и организации эксплуатации СДМ важно учитывать эти изменения, что существенно повысит эффективность использования конкретной машины. По существующей методике на основе средних значений выходных параметров для парка однотипных машин, постоянно обновляемых в процессе их эксплуатации, планирование их эксплуатации дает положительный результат.

При планировании производительности и затрат для конкретной машины применять существующую методику оценки эффективности эксплуатации не предоставляется возможной из-за значительных ошибок. Такой индивидуальный подход уже заложен в разработанном дорожно-методическом документе «Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования». В основе данного документа лежит учет основных показателей согласно «карточке учета работы СДМ». Используя фактический учет основных показателей можно в любой момент времени рассчитать коэффициент готовности и технического использования машины, оценить и установить динамику изменения простоев в ТО и ремонтах, их трудоемкость, внутрисменный режим работы, затраты на эксплуатацию и получаемую прибыль в зависимости от наработки с начала эксплуатации и сезона использования. Оценивая, таким образом, эксплуатацию СДМ можно определить насколько эффективно использовалась конкретная машина и когда целесообразно проводить ремонты или ее списание.

делений физических полей. Рассмотрены принципы реконструкции исходного поля. Выбрана и представлена структурная схема распределенной измерительной системы мониторинга, сбор информации в которой осуществляется с помощью томографических методов. В состав распределенной измерительной системы входят: блок питания с лазерными диодами, модули ввода оптического излучения в оптоволокно, само оптоволокно, измерительные преобразователи, модули приема оптического излучения, регистрирующее устройство и процессор, выполняющее конечную обработку данных.

Для рассматриваемой системы был разработан оптический измерительный тракт. В качестве приемника излучения выбран лавинный фотодиод PD8933 на основе InGaAs, обладающий высокой эффективностью на длине волны 1300 нм. Именно на этой длине волны наблюдаются наименьшие потери в оптическом волокне. Расчеты показали, что минимальная мощность на входе фотодиода должна составлять не менее 0,0043 мВт. С учетом этого, а также с учетом рассчитанных потерь в оптоволоконном тракте и в измерительных преобразователях в качестве источника излучения был выбран лазерный диод ML720J8S, что позволило обойтись без специальных фокусирующих элементов благодаря высокой направленности его излучения.

В результате анализа известных методов ввода и приема оптического излучения из оптоволокну, был сконструирован приемно-передающий оптический модуль, который может использоваться как для ввода излучения в оптическое волокно, так и для его приема. Это достигается за счет практически сопоставимых размеров свето- и фотодиода. В корпусе оптического модуля может быть размещен как лазерный диод, так и лавинный фотодиод, изменяя при этом функцию модуля, который в первом случае будет использоваться для ввода излучения в оптоволокно, а во втором – для его приема.

Кроме того, для системы разработан блок питания лазерными диодами, содержащий схему стабилизации излучения для каждого лазерного диода, что позволяет поддерживать мощность излучения на постоянном уровне. В блоке питания предусмотрена возможность регулировки выходной мощности для каждого диода в отдельности.

Для эффективной обработки данных, поступающих одновременно от большого числа каналов, было разработано регистрирующее устройство, позволяющее осуществлять одновременный прием и оцифровывание 96 аналоговых сигналов, поступающих от волоконно-оптических измерительных линий, их промежуточное хранение и дальнейшую передачу на компьютер для последующей обработки. Произведен выбор его основных элементов и дано описание их характеристик.

УДК 535
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ
КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

С.С. СЕРГЕЕВ, Е.С. ГЛЯКОВ

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

В общем случае распределенная волоконно-оптическая измерительная система (РВОИС) представляет собой набор отдельных измерительных линий, определенным образом уложенных в пространстве. Топология системы определяется характером решаемой задачи, а также методами сбора и обработки информации об исследуемом физическом поле. Для уменьшения количества информационных каналов следует использовать томографические методы, реализация которых предполагает формирование каждой измерительной линией интегрального образа функции распределения физического поля.

Интегрирующая волоконно-оптическая измерительная линия (ВОИЛ) представляет собой измерительный преобразователь, способный регистрировать внешнее воздействие по всей его длине. На выходе такой линии формируется интегральный фазовый или амплитудный сигнал воздействия внешнего физического поля на ВОИЛ вдоль траектории укладки волоконного световода. Точность восстановления распределения исследуемого физического поля определяется частотой укладки ВОИЛ в области исследования. Если частота укладки выше максимальной пространственной частоты исследуемого поля, то распределение будет корректно восстановлено.

Поскольку томографические методы позволяют восстанавливать значения искомого распределения только в точках пересечения ВОИЛ, то не обязательно обеспечивать чувствительность линии к исследуемому воздействию по всей ее длине. Достаточно сделать чувствительными только области пересечений. В этом случае возможно применение ВОИЛ, которая представляет собой последовательное соединение локальных точечных измерительных преобразователей. Такая линия обладает большей помехозащищенностью.

В данной работе разработаны элементы для создания распределенной измерительной системы мониторинга нагруженного промышленного объекта на основе волоконно-оптических датчиков. В качестве контролируемых параметров в разработанной системе выступают поверхностная деформация и температура.

В результате проведенного анализа разработан технологический подход к построению волоконно-оптической сети для реконструкции распре-

УДК 269.3
ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ ПЕРЕДАЧ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

А.С. КУЧИК, В.П. ТАРАСИК

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

При разработке новой карьерной техники большое внимание уделяется повышению комфорта управления, повышению активной безопасности без ущерба производительности труда при транспортировании полезных ископаемых, пустой породы. Одним из этапов решения этой задачи является проектирование трансмиссии автомобиля с автоматическим управлением агрегатами. Современные системы управления фрикционными гидромеханическими передачами позволяют организовывать сложные алгоритмы управления. Реализация данных алгоритмов позволяет снизить динамические нагрузки в трансмиссии и теплонапряженность поверхностей трения.

Для исследования влияния алгоритмов системы управления на качество переходных процессов необходимо создание математической модели процесса функционирования трансмиссии. Математическая модель составлена на основе динамической модели трансмиссии.

Динамическая модель трансмиссии включает инерционные, упругие, диссипативные, трансформаторные и фрикционные элементы, а также гидродинамический трансформатор.

Инерционные элементы характеризуют инерционные свойства масс деталей двигателя, гидротрансформатора, гидромеханических передач, карданной передачи, ведущего моста и колес самосвала.

Упругие элементы характеризуют упругие свойства валов трансмиссии и шин ведущих колес.

Трансформаторные элементы характеризуют преобразующие свойства коробки передач, главной и колесной передачи.

Фрикционные элементы характеризуют свойства элементов управления гидромеханической передачей, а также сцепление колес с дорогой.

Система управления гидромеханической передачей включает в себя 6 элементов управления. Фрикционы Φ_1 и T_1 – диапазонные, посредством которых изменяется передаточное отношение на входе в гидромеханическую передачу. Фрикционные тормоза T_3 и T_4 предназначены для трогания самосвала на первой и задней передаче соответственно. Посредством фрикционов T_2 и Φ_2 происходит переключение 3 и 5 передачи.

Для оценки температуры нагрева фрикционных элементов модель дополнена уравнениями тепловой динамики, полученными путём конечно-разностной аппроксимации уравнения Фурье.

Для оптимизации результатов исследования составлена регрессионная модель, на основе которой получена целевая функция, позволяющая оптимизировать результаты исследований.

Исследование переходных процессов проводилось для режима трогания самосвала с места и переключения передач. На каждой передаче произведена оптимизация параметров системы управления, таких как – время нарастания усилия сжатия дисков фрикциона и давления, соответствующего началу и концу нарастания усилия сжатия дисков, и произведен выбор значений, которые организуют наиболее оптимальный характер протекания переходных процессов. В качестве критериев оптимальности выбраны: показатель динамической нагруженности трансмиссии – коэффициент динамичности момента карданного вала, показатели тепловой нагруженности поверхностей трения – удельная мощность и работа буксования фрикциона.

На базе исследований и анализа результатов было выявлено, что оптимальный характер протекания переходных процессов в трансмиссии на передачах трогания достигается при плавном замыкании фрикционного элемента, время нарастания усилия сжатия дисков для первой и задней передачи составляет 1,7 и 2,5 с соответственно. Характер включения диапазонного фрикциона Φ_1 , замыкающегося на 2, 4, 6 передачах, должен быть более плавный по сравнению с фрикционами, предназначенными для трогания, участок времени регулирования короткий, что свидетельствует о необходимости резко повышать давление в конце замыкания фрикциона, время нарастания усилия сжатия 2,4 с.

Характер включения диапазонного фрикциона T_1 , замыкающегося на 3 и 5 передачах, резкий, время нарастания усилия сжатия 1,4 с.

Характер включения фрикциона Φ_2 , замыкающегося на 5 передаче, практически линейный, т.к. данный фрикцион включается совместно с диапазонным фрикционом Φ_1 , замыкающимся плавно, то характер замыкания резкий, время нарастания усилия сжатия 0,9 с.

Характер включения фрикциона T_2 , замыкающегося на 3 передаче, плавный, в конечной стадии включения характеристика имеет излом, что свидетельствует о более резком характере замыкания. Данный фрикцион включается совместно с фрикционом T_1 , замыкающимся резко, время нарастания усилия сжатия 1,6 с.

Полученная математическая модель дает возможность сформулировать требования к системе управления, определить закон изменения давления в цилиндре фрикциона при различных управляющих воздействиях со стороны электромагнита, проанализировать влияние параметров системы управления на характер протекания переходных процессов в трансмиссии.

току явились результаты исследований распределения остаточной индукции в двухслойных стальных цилиндрах после намагничивания до насыщения, проведенные на модельных образцах. Установлено, что наличие магнито жесткого поверхностного слоя приводит к увеличению остаточного магнитного потока и изменению его распределения.

Для исследования зависимости остаточного магнитного потока в изделиях «ось коромысел» от толщины ТВЧ-закаленного слоя из партии изделий, снятых с двигателей из за большой вероятности нахождения среди них перезакаленных изделий, были отобраны образцы изделий, имеющие значения остаточного магнитного потока во всем возможном диапазоне его изменения. После этого промаркированные образцы были разрушены и на них была измерена толщина закаленного слоя.

Полученный результат явился основанием для разработки способа магнитного контроля толщины поверхностно – упрочненных слоев протяженных изделий: эталонное изделие с заданной толщиной упрочненного слоя, а затем контролируемое изделие намагничивают перемещением сквозь область с неоднородным стационарным магнитным полем, напряженность которого достаточна для намагничивания изделий до насыщения, а направление совпадает с продольной осью изделия, после извлечения изделий из области с намагничивающим полем измеряют магнитные состояния изделий путем помещения изделий в измерительную обмотку и последующего удаления из неё. В качестве измеряемого параметра используют результат интегрирования однополярного импульса ЭДС, соответствующего времени удаления изделия из измерительной обмотки, а о толщине упрочненного слоя судят по разности результатов измерения магнитного состояния контролируемого и эталонного изделий. Для контроля толщины ТВЧ – закаленного слоя изделий «ось коромысел» использован электронный блок прибора «МАКСИ-Р».

Эффективность разработанного способа и реализующего его прибора «МАКСИ-Р» подтверждена результатами определения толщины поверхностно-закаленного слоя промышленных изделий «ось 50-1007102А» и «ось 240-1007102А» из стали 45. Испытания показали, что коэффициент корреляции между показаниями прибора и глубиной ТВЧ – закаленного слоя изделий, измеренной стандартным разрушающим методом, составляет 0,953 и 0,927 соответственно для изделий «ось 260–1007102А» и «ось 260 – 1007102А». Прибор внедрен в автоматном цехе филиала ОАО «ММЗ» в г. Столбцы для контроля качества ТВЧ закалки изделий «ось 260 – 1007102А» и «ось 50 – 1007102А».

Применение методики предотвратило попадание на сборочный конвейер Минского моторного завода ответственных изделий «ось 260 – 1007102А» и «ось 260 – 1007102А» с низким уровнем механических свойств, повысило надежность всех выпускаемых дизельных двигателей.

УДК 620.179.14
РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ТВЧ-ЗАКАЛЕННОГО СЛОЯ
ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ОСТАТОЧНОМУ МАГНИТНОМУ
ПОТОКУ

С.Г. САНДОМИРСКИЙ, Э.Б. СИНЯКОВИЧ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Открытое акционерное общество
«МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» ф-л
Минск, Столбцы, Беларусь

К основным видам поверхностного упрочнения относят закалку стали с использованием нагрева изделия токами высокой частоты (ТВЧ) – металл разогревается при возбуждении в нем вихревых токов высокой частоты. Неравномерность проникновения магнитного поля в металл приводит к неравномерному нагреву изделия по сечению. Если быстро охладить изделие, то в его сечении образуются три структурные зоны: поверхностно-упрочненный слой (имеющий мартенситную структуру), переходный слой и исходную структуру. Одним из важных параметров является глубина слоя (для ТВЧ-закаленного слоя составляющая 0 – 5 мм).

На Минском моторном заводе в массовом количестве выпускаются изделия «ось коромысел» («Ось 260 – 1007102А» и «Ось 50 – 1007102А»), представляющие собой полый цилиндр из стали 45 с наружным диаметром 22 мм, толщиной стенки 5 мм и длиной соответственно 530 и 370 мм. Поверхностной ТВЧ – закалке подвергаются 5 последовательно расположенных вдоль оси участков длиной 50–70 мм. На одном изделии закаленные участки должны чередоваться с сырыми. Толщина закаленного слоя на закаленных участках должна быть в пределах 1,0–2,0 мм. Она контролируется визуальным методом по ширине темного слоя металла на микрошлифе оси после ее разрушения в определенном месте.

Возможные отклонения режимов работы индуктора от заданных могут привести к недопустимым изменениям глубины закаленного слоя. Это требует контроля всей выпускаемой продукции. Но существующий микрометрический метод контроля является разрушающим – после его применения изделие не может быть использовано по назначению.

Для контроля глубины упрочненного слоя известны метод контроля по изменениям формы петли гистерезиса и коэрцитиметрический метод. Однако их применение затруднено малым диаметром осей, их протяженностью, сложным распределением закаленных участков по длине и относительно большим размагничивающим фактором.

Физической предпосылкой контроля глубины поверхностно-закаленного слоя в протяженных изделиях по остаточному магнитному по-

УДК 621.86
ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ
АВТОМОБИЛЬНОГО ПОДЪЕМНИКА АГП-20-2

О.В. ЛЕОНЕНКО, О.В. МОРОЗОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Минский автомобильный завод разработал 20-метровые автоподъемники АГП-20-2 на шасси МАЗ-437030-0000341Р1 с шарнирно-телескопической стрелой и платформой грузоподъемностью 250 кг. Автоподъемники предназначены для обслуживания технических сооружений и радиорелейных линий, электроустановок и линий электропередач, проведения строительно-монтажных и ремонтно-декоративных работ на зданиях и сооружениях. Модель, имея широкую область применения, востребована в повседневной работе строительных и коммунальных организаций. Рабочее трёхколенное оборудование, по сравнению с конкурентами, более маневренное и позволяет работать над развитыми цокольными этажами. В качестве базового шасси используется 2-осный среднетоннажник МАЗ-437030, за счёт чего не уменьшается проходимость подъемника. Применяется двигатель «Deutz» экологического класса «Евро-3», что так же положительно влияет на конкурентоспособность.

В работе рассматривается рабочее оборудование подъемника. Ранее выявленные предпосылки по отказам металлоконструкции промежуточной секции подъемника при работе, обусловленные прежде всего сменой базового шасси с модели АГП 15-01 (ЗиЛ «Бычок») и изменением зоны обслуживания, подтверждаются при реальной эксплуатации.

Колено среднее – телескопическое, состоит из основной и выдвижной секций, представляющих собой металлоконструкции из листового проката коробчатого сечения из низколегированной стали. Основанием основной секции колено среднее присоединяется к нижнему колену. К оголовку выдвижной секции шарнирно присоединяется верхнее колено.

Выдвижение секции производится гидроцилиндром, расположенным снаружи на верхней полке основной секции. Гильза гидроцилиндра закреплена при помощи опор и осей на основной секции. Второй конец гидроцилиндра опирается на резиновую подушку и зафиксирован хомутом. Шток гидроцилиндра шарнирно закреплен на оголовке выдвижной секции осью.

На основании основной секции расположен кронштейн для присоединения гидроцилиндра следящей системы ориентации люльки. На оголовке

выдвижной секции расположены проушины для присоединения второго гидроцилиндра следящей системы.

При телескопировании выдвижная секция опирается впереди на опоры скольжения, установленные на основной секции, а сзади – на опоры скольжения. Во втянутом положении выдвижная секция опирается на опоры скольжения. Для регулирования бокового зазора между основной и выдвижной секцией среднего колена используются накладки, регулируемые упорами.

Исследования проводились методом конечных элементов (МКЭ) — численный метод решения задач прикладной физики, широко используемый для решения задач механики деформируемого твёрдого тела.

Для создания конечно-элементной модели телескопического колена в металлоконструкции были удалены элементы, обеспечивающие работу механизмов подъемника, но не оказывающие влияния на несущую способность среднего колена. Опоры скольжения были сопряжены с секциями, т.е. контактируют. Конечно-элементная модель создавалась с использованием объемного элемента типа SOLID. Объемные элементы использовались двух типов – тетраэдры и гексаэдры. Тетраэдры при моделировании узлов металлоконструкции с поверхностями перехода, а гексаэдры при моделировании усилителей и прямых поверхностей.

В результате анализа полученных результатов выявлено, что металлоконструкция среднего колена испытывает местное напряженно-деформированное состояние, в основном, в трех областях: оголовка, область контакта основной и выдвижной секции и опоры скольжения. Исходя из распределения нормальных и касательных напряжений в металлоконструкции среднего колена, можно утверждать, что преобладает изгиб. Эквивалентные напряжения, в случае увеличения боковой или продольной составляющей от груза на среднее колено подъемника, приближаются к предельным по пределу текучести материала металлоконструкции.

В связи с этим, для сохранения работоспособности конструкции предлагается:

- усовершенствовать металлоконструкцию колена среднего по критерию местных эквивалентных напряжений, с учетом статической и динамической устойчивости подъемника;

- выполнить силовой и кинематический анализ рабочего оборудования, с учетом существующей траектории и желаемой, по результатам которого произвести изменения в точках крепления исполнительных гидроцилиндров.

Выполнение данных мероприятий позволит повысить работоспособность автовышки АГП-20-2 и отказаться от автоматической системы слежения за траекторией рабочего органа, что в целом повысит конкурентоспособность данной техники.

ного размагничивания монотонно снижается при $T_{отп} \leq 600$ °С, хотя при $T_{отп} \geq 500$ °С зависимость M_2 от $T_{отп}$ становится недостаточной для достоверного контроля физико-механических сталей в этом интервале изменения $T_{отп}$. При $T_{отп} \geq 600$ °С M_2 сталей с увеличением $T_{отп}$ может тоже начать увеличиваться. Но несмотря на слабый и даже не монотонный характер зависимости M_2 от $T_{отп}$, монотонность зависимости F_3 от $T_{отп}$ обеспечивается увеличением разности $M_1 - M_2$.

Разработанная методика реализована прибором МАКСИ-У с преобразователем прибора МАКСИ-Д, обеспечивающем создание на пути движения изделий заданной конфигурации магнитного поля и измерение остаточных магнитных потоков $\Phi_d(\Phi_1)$ и $\Phi_d(\Phi_2)$ в изделиях при движении в нем. Преобразователь при длине 560 мм обеспечивает измерение Φ_1 и Φ_2 изделий длиной до 180 мм и диаметром до 40 мм. В диапазоне измерения 0,01–99,9 мкВб прибор аттестован ГОССТАНДАРТОМ с основной приведенной погрешностью не более 1,5 %. Параметр F_3 разработанной методики меньше, чем параметры Φ_1 и Φ_2 , подвержен влиянию изменений размеров изделий в пределах технологических допусков. Это так же повышает достоверность контроля. Изменение $T_{отп}$ от 200 до 500 °С вызывает изменение F_3 в 3,61 раза, тогда как Φ_1 изменяется всего в 1,95 раза, а Φ_2 – в 2,92 раза (H_C стали 40Х изменяется при этом в 2,3 раза).

Различные методики были сопоставлены для контроля твердости болтов крепления противовеса длиной 58 мм, диаметром 10 мм из стали 40ХН. Образцы получены изменением их $T_{отп}$ в диапазоне 300–600 °С. Измерение параметров Φ_1 , Φ_2 и F_3 образцов осуществлено электронным блоком прибора МАКСИ-У. При статистической обработке зависимостей параметров Φ_1 , Φ_2 и F_3 от HRC изделий получены соответственно коэффициенты корреляции 0,44; 0,79 и 0,92 в линейных уравнениях регрессии. Заданный диапазон твердости 27–36 ед. HRC может быть обеспечен только контролем по разработанной методике.

Применение разработанной методики для контроля предела прочности σ_B болтов ($T_{отп}$ по технологии 580 ± 20 °С) также обеспечило высокий коэффициент корреляции $R = 0,85$ в линейном уравнении регрессии $\sigma_B(MPa) = 63,3 \cdot F_3 + 28,1$, гарантировало заданные механические свойства.

Аналогичные результаты получены при контроле болтов других типов из сталей 40Х, 40ХН, 45Х. Внедрение методики на филиале Минского моторного завода в г. Столбцы предотвратило попадание на сборочный конвейер ответственных болтов с низким уровнем механических свойств, повысило надежность всех выпускаемых заводом дизельных двигателей. Её использование приносит и непосредственный экономический эффект заводу – в производство после неразрушающего контроля возвращаются тысячи дорогостоящих ответственных болтов.

С.Г. САНДОМИРСКИЙ

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

Магнитный контроль физико-механических свойств изделий из ферромагнитных материалов получил широкое распространение в промышленности. Многочисленными исследованиями показано, что остаточная намагниченность M_r и коэрцитивная сила H_C чувствительны к структуре многих конструкционных ферромагнитных материалов – сталей и чугунов. Однако для среднеуглеродистых сталей зависимости M_r и H_C от температуры $T_{отп}$ отпуска после закалки имеют неоднозначный характер. Контроль качества средне- и высокотемпературного отпуска таких материалов проводят после намагничивания их до технического насыщения и воздействия магнитного поля $H < 0$ по результату измерения остаточной намагниченности M_{rH} материала после выключения этого поля. Контроль основан на чувствительности M_{rH} в изделии после его перемагничивания к свойствам материала, обусловленным обратимыми смещениями доменных границ. Методика опробована на сталях марок 30ХГСА, 30ХН2МФА, 34ХНЗМ, 35ХГСА, 40Х, 45, 50, 50РА, 60С2А, У9А и др. и широко применяется в промышленности. Но чувствительность информационного параметра контроля к контролируемым свойствам не всегда достаточна для достоверного контроля изделий.

Для повышения достоверности контроля среднеуглеродистых сталей предложено: намагничивать изделие в процессе движения, измерить остаточный магнитный поток Φ_d (Φ_1) в нем после выхода из области с намагничивающим полем, создать на пути движения изделия область с постоянным размагничивающим полем ($H \approx 2$ кА/м), измерить второе значение Φ_d (Φ_2) в изделии после его выхода из области с этим полем и о свойствах изделия судить по отношению F_3 результата этого измерения к разности результатов первого и второго измерений.

Обоснование эффективности разработанной методики заключается в следующем. Зависимость остаточной намагниченности M_1 легированных среднеуглеродистых сталей от $T_{отп}$ носит неоднозначный характер. Монотонное снижение M_1 при $T_{отп} \leq 400$ °С сменяется отсутствием изменения M_1 при 400 °С $\leq T_{отп} \leq 500$ и монотонным возрастанием M_1 при $T_{отп} \geq 500$ °С. Остаточная намагниченность M_2 тех же сталей после частич-

В.П. ЛОБАХ, Л.В. РУБЛЕВСКИЙ

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

Установлено, что в нашей стране насчитывается около 2,5 млн автомобилей, которые потребляют почти 4 млн. т. жидкого топлива. Для его получения требуется около 6 млн. т. нефти, при ежегодной добыче в стране около 2 млн т. Поэтому проблема рационального использования топлива автомобильным транспортом является важнейшей. Снижения расхода топлива можно достичь повышением к.п.д. автомобиля (η_a) и эффективностью его использования.

Первый путь предполагает снижение расхода топлива путем совершенствования конструкции и способа движения автомобиля, что следует из формулы:

$$\eta_a = \eta_e \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_k, \quad (1)$$

где η_e – эффективный к.п.д. двигателя; $\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии; η_k – к.п.д. колес.

Наибольшие значения η_e и $\eta_{тр}$ соответственно равны 0,4 и 0,9. К.п.д. колес определяется как отношение свободной мощности (N_e), оставшейся после преодоления сопротивления качению порожнего автомобиля, к мощности, подводимой к колесам (N_k)

$$\eta_k = N_e / N_k. \quad (2)$$

Свободная мощность зависит от массы автомобиля, скорости движения и коэффициента сопротивления качению. Пример расчета показал, что при количестве топлива, соответствующем мощности 100 кВт, мощности N_e , N_c и N_k равны соответственно 40, 18 и 36 кВт, $\eta_k = 0,5$, а $\eta_a = 0,18$. Потери мощности в этом случае составили 82 кВт, что говорит о несовершенстве автомобиля с точки зрения эффективности использования топлива.

Второй путь снижения расхода топлива основан на совершенствовании организации и управления работой автомобилей. Оценка эффективности использования топлива в этом случае осуществляется по значению коэффициента эффективности (k), оптимальное значение которого равно единице, на основе принципа сравнения удельных эффективного ($g_{эф}$) и фактического ($g_{ф}$) расхода топлива (л/т·км)

$$k = g_{эф} / g_{ф} \quad (3)$$

УДК 621.867.8
ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ИМИТАЦИОННОЙ
МОДЕЛИ ПНЕВМОШИНЫ

Н.Н. ЛУКАШКОВ, И.В. ЛЕСКОВЕЦ

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

Имитационное моделирование как средство изучения физического объекта или системы путем их замены упрощенной моделью с сохранением наиболее существенных признаков реального объекта допускает ряд обобщений и предположений. В результате реальный объект исследования трансформируется в некую динамическую систему, состояние которой в пространстве и времени однозначно задается обобщенными координатами.

Применительно к имитационной модели пневмошины авторами сделаны следующие допущения.

Коэффициент жесткости не постоянен, а зависит от деформации материала шины. Причем закон изменения представляет собой нелинейную зависимость.

Жесткость боковины шины в радиальном и тангенциальном направлении несколько отличаются друг от друга, что обусловлено наличием корда в боковине шины. Учитывая расположение нитей корда, коэффициент радиальной жесткости будет меньше чем коэффициент тангенциальной жесткости при радиальном расположении и больше при тангенциальном.

Тепловые явления, возникающие при работе шины, не оказывают влияния на изменение физико-механических свойств материала шины.

Как показывают исследования, при нагружении колеса осевая деформация колеса радиально увеличивается к нижней части. Однако численные значения деформаций в верхней части шины малы по сравнению с деформациями в нижней части. Поэтому рассматривать верхний сектор шины нецелесообразно.

Что касается процессов происходящих с газом внутри оболочки, то наиболее адекватной моделью поведения газа, по-видимому, является модель политропного процесса с единственным предположением постоянства только теплоемкости газа.

Таким образом, получаемая в результате вышеперечисленных допущений и предположений, имитационная модель практически сохраняет основные свойства реальной пневматической шины. Кроме этого, применение ряда допущений и предположений позволит упростить математическую модель, что ускорит процесс расчета при использовании разрабатываемого программного обеспечения.

деформации. Поэтому предлагается определять модуль упругости, используя кривую разгрузки.

Хорошо известно, что модуль упругости асфальтобетона в отличие от металлов не является постоянной величиной, а зависит от величины деформации.

Из упругой теории Герца [2] можно получить следующее соотношение:

$$\frac{dP}{dl} = \frac{d}{e}, \quad (1)$$

где $e = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}$ l – перемещение индентора; d – диаметр проекции отпечатка; E_1 и E_2 – модули упругости индентора и асфальтобетона соответственно, ν_1 и ν_2 – коэффициенты Пуассона для этих же материалов.

Если модуль упругости является постоянной величиной, то, как следует из (1), отношение $\frac{dP}{dl}$ должно быть постоянной величиной для любой деформации характеризуемой, l или d . Для того, что бы убедиться, изменяется ли модуль упругости, определялись значения $\frac{dP}{dl}$ и d от начала разгрузки до момента разрыва контакта между индентором и материалом.

Производная $\frac{dP}{dl}$ определялась из эксперимента, величина d рассчитывалась на основании уравнения Герца для взаимодействия жесткой сферы с вогнутой сферической поверхностью.

Результаты вычислений показали, что величина модуля упругости E_2 меняется в пределах от $(2,8 \text{ до } 0,96) \cdot 10^{10}$ Па, уменьшаясь к концу разгрузки. Учитывая достаточно большое различие, предлагается для практики использовать измерения модуля упругости в конце разгрузки, как наиболее близкие к результатам статических измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудницкий, В. А. Испытания эластомерных материалов методами индентирования / В. А. Рудницкий, А. П. Крень; под ред. П. П. Прохоренко. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 227 с.
2. Jonsen K. Contact mechanics. Cambridge, UK: Cambridge university press, 1985.

В.А. РУДНИЦКИЙ, А.П. КРЕНЬ

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

Определение физико-механических характеристик асфальтобетонных, которые могут использоваться для аналитического описания процесса его деформирования, представляет собой сложную задачу. В первую очередь это связано с тем, что данный материал проявляет комплекс вязких, упругих и пластических свойств и получить уравнения, которые могли бы быть применены для расчета характеристик при произвольных условиях нагружения, практически невозможно. Так, в частности, если рассматривать такую характеристику как модуль упругости, то следует учитывать, что для асфальтобетона он не является постоянной величиной, а зависит от времени (скорости) приложения нагрузки, температуры и величины деформации.

Выражения, описывающие процесс деформирования асфальтобетона в вязкоупругопластическом состоянии, как правило, предполагают использование интегральных уравнений, решение которых связано с применением численных методов и не отличаются высокой точностью значений получаемых характеристик. Поэтому более приемлемым для расчета параметров материала представляется его испытание в условиях, где изучаемая характеристика более выражена, а влияние других свойств минимально. В качестве примера использования такого подхода в данной работе предлагается методика расчета модуля упругости для асфальтобетона, находящегося в упругопластическом состоянии. Согласно предлагаемой методике будем воздействовать на асфальтобетон коротким механическим импульсом. Для этих целей наиболее подходящим является использование метода динамического индентирования (МДИ), который заключается в нанесении удара по испытываемому материалу с заданной кинетической энергией индентором-бойком с полусферическим наконечником. Подробное описание данного метода можно найти в [1]. Разработанная установка ИПМ-1А, реализующая МДИ, позволяет регистрировать диаграмму: контактное усилие P – глубина вдавливания α . Зависимость $P(\alpha)$ можно разбить на два основных этапа – активный, на котором происходит внедрение индентора в материал, и пассивный, соответствующий отскоку индентора.

В процессе активного удара происходит упругопластическое деформирование, а в процессе пассивного этапа – чисто упругое восстановление

Г.С. ЛЯГУШЕВ

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

Предельные величины отклонений кранового пути от проектного положения регламентируются «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» или инструкцией по эксплуатации крана. Одним из основных контролируемых параметров, при оценке состояния кранового пути, является ширина колеи. Сужение или расширение колеи, превышающее предельную величину, вызывает распорные нагрузки, передающиеся через реборды ходовых колес на металлическую конструкцию крана. Вследствие чего, в элементах металлической конструкции появляются трещины усталостного характера. Кроме того, наблюдается повышенный износ реборд ходовых колес и головок крановых рельсов, возрастают нагрузки на привод и трансмиссию крана. В настоящее время измерение колеи кранового пути производится компарированной механической рулеткой с усилием натяжения 100 Н. При измерении колеи рулеткой вносятся поправка на провес ленты рулетки, наклон линии измерения, отклонение от створа, а также учитывается поправка на температуру. Поэтому получается не фактическое, а расчетное значение колеи пути, а сам процесс измерения достаточно сложный и трудоемкий.

На кафедре СДПТМиО университета разработана методика измерения колеи кранового пути с использованием лазерного дальномера DISTOTM classic⁵а. Техническая характеристика дальномера: дальность измерения от 0,2 до 200 м; точность измерения от $\pm 1,5$ до $\pm 3,0$ мм; диаметр лазерного пятна (на расстоянии) 6/30/60 мм (10/50/100 м); точность измерения уровня 1^0 ; температурный диапазон при работе от -10 до $+50$ °С. В комплект поставки прибора входит только штатив, который невозможно использовать при измерении колеи. Для измерения колеи кранового пути разработаны два специальных приспособления, одно из которых используется для установки лазерного дальномера, а второе служит в качестве отражающего экрана. Оба приспособления устанавливаются на головки крановых рельсов в одном поперечном сечении кранового пути. Измерение ширины колеи производят два человека, один из которых устанавливает лазерный дальномер на головку рельса, а второй – устройство с экраном.

П.Ю. МАЛЫШКИН

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»

Горки, Беларусь

Возрастающее значение транспортного комплекса Республики Беларусь выдвигает на передний план энергетические, экономические и экологические показатели автотракторных двигателей. Снижение запасов нефти заставляет использовать альтернативные виды топлива. Одним из таких видов топлива является биогаз.

Биогаз – смесь газов, которая содержит 55–70 % метана (CH_4), 28–43 % углекислого газа (CO_2), 2–3 % азота, 1–2 % водорода и до 1 % кислорода. Его получают в герметичных реакторах, где из органических удобрений, отходов, мусора и других веществ выделяется биогаз.

Теплота сгорания газа не более 20–22 МДж/м³, поэтому он может быть использован в качестве топлива только для систем теплоснабжения. В качестве моторного топлива для ДВС целесообразно использовать не биогаз, а получаемый из него биометан. Для этого из биогаза удаляют CO_2 и другие примеси, после чего газ имеет практически однородный состав с содержанием 96–98 % CH_4 .

Биометан, как и другие газовые топлива, имеет низкую объемную концентрацию энергии, поэтому в качестве моторного топлива он может применяться в сжатом (до 20–40 МПа) или сжиженном состоянии.

О применении сжатого газа в качестве моторного топлива для дизелей известно достаточно давно. Так перевод дизеля на питание сжатым (компримированным) природным газом позволяет снизить суммарные выбросы токсичных веществ в атмосферу на 25 %.

Биометан, по сравнению с нефтяными видами моторного топлива, позволяет снижать концентрацию вредных веществ в отработанных газах двигателей (оксида углерода в 5–10 раз, углеводородов в 2–3 раза, окислов азота в 1,5–2,5 раза, дымности в 8–10 раз), уменьшить шумность при работе двигателя на 3–4 дБ и количество отложений в двигателе. Ввиду отсутствия жидкой фазы, масляная пленка с цилиндров двигателя не смывается, изнашивание деталей цилиндропоршневой группы уменьшается в 1,5–2 раза, возрастает срок службы двигателя, увеличивается периодичность замены моторного масла, что в свою очередь существенно снижает затраты на эксплуатацию техники. Также применение биометана позволяет час-

процессов в инденторе было достигнуто выбором его конструкции и технологии изготовления, обеспечивающих отсутствия элементов малой жесткости. Также в конструкции макета установки было применено решение, позволяющее устранить повторные соударения индентора с изделием под действием силы тяжести после его отлета.

Макет лабораторной установки для многократного индентирования изготовлен в виде консольно закрепленной направляющей трубки, установленной на массивном основании. Положение трубки регулируется по высоте, что обеспечивает возможность исследования образцов разной толщины.

Результаты измерений в виде массивов скорости индентора передаются в персональный компьютер в программу прибора Импульс-2М. Программа осуществляет обработку каждого из последовательных измерений и выводит их индивидуальные результаты (подлетная скорость, скорость отлета, твердость Мейера, максимальное контактное усилие и др.), а также зависимости контактной силы от глубины внедрения индентора в один csv файл. Дальнейший анализ осуществляется с использованием электронных таблиц Excel или OO Calc.

Установка для многократного индентирования позволяет исследовать поведение материала в условиях, близких к малоцикловой выносливости. Каждое из последовательных нагружений осуществляет упругопластическое деформирование исследуемого материала. В отличие от однократного индентирования, последующие индентирования имеют выраженные 3 стадии: на этапе нагружения присутствует участок практически упругого внедрения индентора. Далее следует участок упругопластического внедрения индентора, в конце которого индентор достигает максимальной глубины внедрения в этом ударе и его скорость становится равной нулю. После этого следует упругое вытеснение индентора из отпечатка. Если между соударениями не произошло смещение осей индентора и отпечатка, то при последующем соударении внедрение индентора в металл развивается по закону его упругого вытеснения из металла на предыдущем этапе, после чего происходит переход к упругопластическому деформированию.

В результате проведенных исследований образцов из стали 17Г1С, подвергнутых различным степеням предварительной пластической деформации вплоть до 0,155, было установлено, что метод может служить для определения наличия предварительной пластической деформации в изделии.

УДК 621.643.053
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА МЕТОДОМ
МНОГОКРАТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

А.В. РАБЦЕВИЧ

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

Метод динамического индентирования, основанный на регистрации процесса соударения жесткого индентора с исследуемым металлом, является удобным и надежным средством неразрушающего определения таких характеристик металла, как твердость, предел прочности и модуль упругости. Анализ изменения среднего контактного напряжения в отпечатке в процессе удара позволяет оценить влияние скорости деформации на напряжение течения металла. Сопоставление параметров индентирования, определенных при измерениях с различной кинетической энергией индентора также позволяет оценить влияние скорости индентирования для индентора со сферической рабочей поверхностью. Использование нескольких параметров индентирования в качестве исходных данных позволило исключить влияние недостаточной толщины контролируемого изделия вплоть до значений 5,5–6 мм на результаты контроля твердости, что было реализовано в приборе Импульс-2М.

Вместе с тем представляет достаточный практический интерес как достижение значительных деформаций в отпечатке, так и возможность индуцировать микротрещины с регистрацией потерь энергии на их развитие. С этой целью в Институте был разработан и изготовлен макет установки многократного динамического индентирования. Суть метода заключается в последовательном нанесении ударов с одинаковой кинетической энергией индентором в одну и ту же точку изделия с регистрацией процесса каждого соударения. Регистрация скорости индентора в процессе удара с частотой 5 МГц осуществляется с помощью платы от прибора Импульс-2М.

Основные технические проблемы, возникшие при разработке и изготовлении модели установки многократного индентирования — совпадение осей последовательных отпечатков и минимизация волновых процессов в инденторе. При несовпадении осей отпечатка происходит смятие его краев и процесс последовательного индентирования существенно искажается, приближаясь к однократному по зависимости контактной силы от глубины внедрения индентора. Погрешность при этом может быть сопоставима с чувствительностью метода. Решение проблемы было найдено в виде согласования диаметра направляющей трубки и индентора с целью обеспечения минимального зазора между ними. Снижение влияния волновых

точно отказаться от нефтяного топлива, так как двигатель после прогрева на дизельном топливе переводят на газодизельный режим, при этом, 80–90 % дизельного топлива замещается биогазом, что на сегодняшний день становится все более актуально с повышением цен на традиционное топливо.

Однако применение сжатого биометана на автотракторной технике затруднено из-за массогабаритных показателей топливных систем, сложности размещения баллонов на автомобилях и тракторах без ухудшения их показателей, невозможности обеспечения необходимым запасом моторного топлива.

Применение сжиженного биометана (СБМ) позволяет уменьшить массу топливной системы в 3–4 раза, а ее объем — в 2–3 раза по сравнению со сжатым биометаном. СБМ во многом соответствует сжиженному природному газу (СПГ), прежде всего по содержанию метана (95–98 % общего объема). СБМ — криогенная жидкость с температурой кипения 162 °С. Регазификация 1 м³ СБМ дает 600 м³ биометана при атмосферном давлении. СБМ как моторное топливо имеет высокую теплоту сгорания (50–55 МДж/кг). Газобаллонное оборудование автомобилей, работающее на сжиженном биометане и сжиженном природном газе, полностью идентично. Принципиальные различия между СБМ и СПГ заключаются в сырьевых источниках: СПГ получают путем сжижения природного газа, СБМ получают путем сжижения биогаза (продукта метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения). Таким образом, СБМ — один из немногих видов моторного топлива, который может быть получен из местного сырья в каждом селе или фермерском хозяйстве.

Для использования СБМ в качестве моторного топлива на автомобиле или тракторе устанавливается криогенная емкость (до 150 л) с соответствующей арматурой (их масса не более 170 кг). СБМ подается из емкости в испаритель-змеевик, навитый на выхлопную трубу двигателя или расположенный в системе его охлаждения. Внешней теплотой осуществляется испарение СБМ, который поступает в смеситель, а оттуда в виде метано-воздушной смеси в цилиндр двигателя. В современных экономических условиях только появление сравнительно дешевого способа производства СБМ может сделать конкурентоспособным этот вид топлива.

Г.Г. МАНЬШИН, Ч.Б. ДРОБЫШЕВСКИЙ, А.Б. МАРКОВСКИЙ

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

Опыт эксплуатации форсированных двигателей Минского моторного завода Д-245.7Е2, Д-245.9Е2 мощностью 122,4–136 л.с. и дизелей Д-262.2S2, Д-263.S2 мощностью 250–280 л.с. подтверждает их достаточно высокую надежность и ресурс. Однако шестицилиндровые тракторные двигатели нередко попадают в ремонт из-за недостаточной структурной жесткости блока цилиндров и коренных опор коленчатого вала.

Изначально дизели Д-240 и Д-260 проектировались на мощность 80 и 120 л.с. с возможностью форсировки до 110 и 150 л.с. соответственно. Превышение этих пределов приводит к тому, что из-за резкого повышения тепловых и механических нагрузок происходит деформация верхней плиты блока цилиндров, главным образом межцилиндровых переемычек, и, как следствие, деформация гильз цилиндров (до 0,04–0,05 мм). Кроме того, наблюдается нарушение эпюры удельного давления «цилиндр–юбка поршня», увеличение расхода смазочного масла, увеличение прорыва рабочих газов в картер, повышение температуры поршневой группы: поршней в зоне камеры сгорания и в зоне юбки поршня, поршневых колец и, как следствие, ускоренное старение смазочного масла.

В результате двигатель выходит на такой режим работы, который, в конечном счете, приводит к необходимости его ремонта. Коренные опоры коленчатого вала двигателей, особенно шестицилиндрового дизеля, при таких нагрузках имеют недопустимые микроперемещения, что, впоследствии, приводит, наряду с другими причинами, к поломке коленчатого вала.

Из-за недостаточной жесткости блока цилиндров по верхней плите в зоне переемычек между цилиндрами вследствие предельных механических и тепловых нагрузок происходит так называемая релаксация, когда материал, получив упругую деформацию, теряет упругость и не возвращается в исходное положение. Таким образом, возникает резкое снижение удельного давления с последующим прорывом рабочих газов и аварии двигателя. Рассмотренные проблемы могут быть решены следующим образом.

1. Необходимо коренным образом изменить конструкцию блока цилиндров в существующих базовых размерах между цилиндрами 137 мм (с целью использования технологического оборудования). Вместо вставных гильз отливать блок цилиндров вместе с цилиндрами из высокопрочного чугуна. При этом, по предварительным расчетам, жесткость верхней плиты блока цилиндров повысится на порядок. Геометрия цилиндров будет стро-

И.У. ПРИМАК, А.В. ХОМЧЕНКО, А.В. ШУЛЬГА, С.Г. ДАНИЛОВИЧ

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

Особое внимание уделяемое исследованию планарных волноводных структур, легированных редкоземельными элементами (Er, Yb, Tm и др.) обусловлено их использованием в оптоэлектронных микросхемах, предназначенных для генерации и усиления излучения в системах оптической связи. При этом планарная геометрия волноводных лазеров и усилителей позволяет компактно интегрировать в одной подложке множество компонентов и это выгодно отличает их от волоконных аналогов. Одной из проблем, возникающих при разработке и создании таких структур, является контроль их параметров, в том числе коэффициента усиления. Такие измерения можно осуществлять методами волноводной спектроскопии. Однако возможности этих методов в данной ситуации недостаточно исследованы. В настоящей работе рассмотрена одна из наиболее эффективных схем измерения параметров волновода, основанная на призмном устройстве возбуждения волноводных мод в тестируемой структуре. Для определения коэффициента усиления предлагается использование двухпучковой схемы, с помощью которой осуществляется возбуждение двух мод, одна из которых создает инверсию населенности энергетических уровней в волноводе, а вторая – испытывает в данных условиях усиление. Регистрируемое угловое распределение интенсивности отраженного от призмного устройства зондирующего пучка (так называемая *m*-линия) при наличии усиления существенно изменяется. На примере волновода в стекле, легированного эрбием (EDWA), проведено численное моделирование отражения зондирующего пучка и распространения возбуждаемой им волноводной моды. При этом рассмотрена пятиуровневая схема ионов эрбия. Описание распространения возбуждаемых мод в структуре осуществлялось при решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты. Показано, что при концентрации эрбия в пленке 10^{26} м^{-3} и мощности накачивающего пучка 4 Вт, коэффициент усиления волноводной моды достигает 17 м^{-1} . Причем создание инверсной населенности на участке волновода длиной 2 см приводит к изменению контраста *m*-линии на 30 %. Проведено тестирование стандартного алгоритма восстановления комплексной постоянной распространения волноводной моды при наличии усиления, которое продемонстрировало возможность получения оценок коэффициента усиления.

УДК 621.658.011
К ПРОБЛЕМЕ КОНТРОЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
НАПРЯЖЕНИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ СТЕКЛАХ

И.У. ПРИМАК, А.В. ХОМЧЕНКО, О.Е. КОВАЛЕНКО, В.Г. ГУЗОВСКИЙ,
А.В. ШУЛЬГА, *А.И. ВОЙТЕНКОВ, *В.М. КУЛЬБЕНКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*УЧПП «КУВО»

Могилев, Беларусь

Остаточные напряжения обеспечивают термическую и механическую прочность закаленного стекла и обуславливают его безопасную эксплуатацию. Контроль качества автомобильных закаленных стекол, согласно ГОСТ 5727, осуществляется путем разрушения стекла и анализа размера и веса полученных осколков. Такой метод не допускает автоматизацию и не позволяет контролировать всю выпускаемую продукцию. В то же время стекло при наличии в нем механических напряжений становится анизотропным, и поляризационно-оптические методы позволяют оценить величину и распределение этих напряжений без разрушения его. При этом с точки зрения массового производства наиболее практичным является использование полярископов большого поля, которые позволяют получить картину всего поля напряжений в автоматическом режиме. В связи с этим нами для контроля качества выпускаемых на УЧПП «КУВО» автомобильных стекол был разработан и создан измерительный комплекс на основе панорамного полярископа. Для регистрации оптической и графической информации или фотоизображений использовано автоматическое устройство, которое позволяет осуществить дискретное сканирование картины изменения коэффициента пропускания в плоскости стекла. Разработаны программы обработки результатов сканирования и реконструкции распределения напряжений. Данный измерительный комплекс прошел тестирование в исследованиях автомобильных стекол. Эти исследования позволили предложить пути дальнейшего усовершенствования комплекса и повышения точности измерений напряжений. Двумерное распределение коэффициента пропускания закаленного стекла, регистрируемое измерительным комплексом, представляет собой две системы темных линий – изоклин и изохор. При обработке данного распределения изоклины искажают реконструируемую картину поля напряжений. В работе предложена методика измерений, которая позволяет отфильтровывать изоклины и с высокой точностью воспроизводить картину поля напряжений. При этом минимально измеряемое напряжение составляет 1 МПа.

го цилиндрической, что качественно изменит работу цилиндропоршневой группы и существенно повысит ее ресурс и надежность.

2. При внесении указанных конструктивных изменений автоматически решается проблема надежности уплотнения головки блока цилиндров – так называемого газового стыка. В этом направлении проведены аналитические исследования с оценкой динамики взаимодействия деталей, входящих в узел уплотнения (головки блока цилиндров, блока цилиндров, болтов крепления головки цилиндров, прокладки головки цилиндров).

3. Важным узлом, который качественно изменяет работу коленчатого вала, является блок коренных опор коленчатого вала. Вместо отдельных крышек коренных подшипников предлагается применить моноблок, который присоединяется болтами к блоку цилиндров, растачивается вместе с ним, а при сборке образует единую жесткую систему «блок цилиндров–блок коренных опор». Такая система обеспечит заданную оптимизированную работу цилиндропоршневой группы и коленчатого вала.

В целом предлагаемые технические решения позволяют устранить имеющиеся недостатки и создать основу для улучшения параметров двигателей ММЗ, доведя их ресурс до 20000 моточасов. К примеру, только применение блока цилиндров предлагаемой конструкции, исключаящей деформацию цилиндров, позволит повысить моторесурс на 6–8 тысяч моточасов (табл. 1).

Табл. 1. Сравнительные показатели серийного дизеля Д-249 и модернизированного дизеля Д-245-MF

Основные показатели		Модель дизеля	
		Д-249	Д-245-MF
Число и расположение цилиндров		4L	4L
Тип системы газообмена		TW	TW
Номинальная мощность, кВт (л.с.)		140 (190)	155 (210)
Номинальная частота вращения, об/мин		2300	2200
Максимальный крутящий момент, Н·м		670 (68)	730 (74,2)
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, об/мин		1500	1500
Удельный расход топлива, г/кВт·ч (г/л.с.·ч)		195 (143)	185
Моторесурс, м/ч		нет данных	20000
Габаритные размеры двигателя	A	941	950
	B	701	700
	C	976	975
	D	240	240
	E	115,5	115
Масса, кг		450	450
Уровень экологических норм		Euro-4	Euro-5

L – рядное, вертикальное; TW – с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха; диаметр цилиндра и ход поршня – 110х125 мм.

ГИДРООБОРУДОВАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

А.Б. МАРКОВСКИЙ, А.Н. СМОЛЬСКИЙ, В.Л. ТИХОМИРОВ

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

Разработка гидрооборудования нового поколения – регулируемых насосов и гидромоторов – для транспортно-технологических машин (ТТМ) имеет цель:

- уменьшить металлоемкость и энергоемкость производства ТТМ за счет замены в них механических трансмиссий, в том числе и гидромеханических, гидростатическими или двухпоточными механогидравлическими с использованием гидрооборудования нового поколения, которое способно длительно работать на высоком давлении 45–63 МПа при к.п.д. не менее 0,95;

- значительно сократить номенклатуру изготавливаемых в Республике Беларусь ТТМ (автомобилей, тракторов, сельхозмашин, строительно-дорожных машин) за счет применения на них унифицированных компонентов в виде силовых модулей, изготавливаемых на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь и устанавливаемых на базовых шасси, которые могут быть, например, в качестве универсального энергетического средства (УЭС);

- упростить и автоматизировать управление ТТМ при наличии в двухпоточных механогидравлических трансмиссиях (МГТ) и полнопоточных гидростатических трансмиссиях (ГСТ) управляющего электропривода и электронных средств (мехатроники), имеющих более эффективную адаптацию в МГТ и ГСТ (по сравнению с механическими трансмиссиями).

Основными концептуальными положениями при разработке гидрооборудования нового поколения являются:

- отказ в регулируемых аксиально-поршневых насосах и гидромоторах от кинематических пар и соединений с высокими контактными давлениями – подшипников качения в пользу подшипников скольжения с гидростатической разгрузкой;

- применение на поверхностях трибологических пар ходовой части насосов и гидромоторов регулярного макрорельефа, позволяющего на 60–80 % сократить номинальную площадь контакта при одновременном уменьшении в них зазоров, регулируемых с обратной связью по давлению до минимальной величины, лимитируемой отклонениями от правильной

излучения являлся ^{60}Co (энергия гамма-квантов 1,09 МэВ). Мощность дозы облучения для каждого раствора имела определенное значение из диапазона 2,5–0,5 Гр/с. Непосредственно после облучения, а также через определенные промежутки времени после облучения, на спектрофотометре РВ 1251 "Solar" регистрировались электронно-колебательные спектры поглощения растворов. Погрешность измерений спектров не превышала 3 %.

С увеличением времени облучения растворов происходило уменьшение интенсивности длинноволновых полос спектров поглощения красителей и пигментов (формы полос практически не изменялись), а в коротковолновой области спектров возникали полосы поглощения продуктов радиационной деструкции. Радиационное обесцвечивание растворов являлось необратимым и происходило по экспоненциальному закону.

При радиоллизе растворителей, молекулы которых содержат кислород образуются кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, а также относительно стабильный продукт – пероксид водорода. При хранении облученных растворов красителей и пигментов в темноте в течение длительного времени (до 80 суток) у некоторых из них практически не наблюдалось уменьшения интенсивности длинноволновых полос поглощения растворов, т. е. эти растворы обладали низким фэдингом.

Проведенные исследования показали, что по визуально определяемому (на основе сравнения с предварительно построенной градуировочной цветовой шкалой) изменению цвета растворов ряда красителей и пигментов можно судить о величине интегральной радиационной дозы воздействовавшей на раствор. Точность такого визуального определения радиационной дозы, согласно проведенным оценкам, составляет около 15 %. При записи спектров облученных растворов на спектрофотометре точность измерения радиационной дозы примерно равна точности регистрации спектров поглощения, т.е. 3 %. Для практического применения достаточно нескольких капель раствора, помещенных в стеклянный сосуд объемом около 1 мл, т.е. детекторы интегральной радиационной дозы на основе растворов красителей очень дешевы и удобны в использовании. Чтобы устранить деструкцию красителей под воздействием видимого и ультрафиолетового света, стеклянный сосуд с раствором следует обернуть черной бумагой или поместить в непрозрачный полиэтиленовый пакет. Времена полуобесцвечивания растворов красителей и пигментов в значительной степени зависят от химической природы красителя и применяемого растворителя. Так, например, времена полуобесцвечивания родамина С в воде и в матрице поливинилового спирта различаются в 220 раз. Поэтому, для различных диапазонов дозы и мощности дозы можно подобрать соответствующие красители и растворители. Водные и спиртовые растворы красителей и пигментов могут успешно использоваться для визуального определения интегральной радиационной дозы в диапазоне 30–5000 Гр, а окрашенные полимерные пленки – 3000–400000 Гр.

УДК 535.37
ВИЗУАЛЬНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ РАСТВОРОВ
КРАСИТЕЛЕЙ И ПИГМЕНТОВ

В.И. ПОПЕЧИЦ, О.Н. КРАВЦОВА
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им.А.Н.Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Твердые и жидкие растворы органических красителей и пигментов имеют интенсивные электронно-колебательные полосы поглощения в видимой области спектра. При воздействии на растворы гамма-излучения происходит необратимое обесцвечивание растворов, т. е. уменьшение интенсивности полос поглощения. Поэтому растворы органических красителей и пигментов могут использоваться в качестве дозиметров радиационной дозы, воздействовавшей на раствор. При этом растворы красителей и пигментов должны обладать определенными свойствами: скорость обесцвечивания раствора должна быть пропорциональна величине радиационной дозы, фэдинг раствора должен быть достаточно низким, т. е. интенсивность полосы поглощения раствора не должна изменяться после прекращения гамма-облучения, в многокомпонентном растворе красители и пигменты не должны химически взаимодействовать друг с другом и с продуктами радиационной деструкции красителей и пигментов.

В данной работе исследовано влияние гамма-излучения ^{60}Co на электронно-колебательные спектры поглощения растворов ряда спектроскопически чистых ксантеновых и кислотных красителей: уранин, эозин, трипафлавин, производные родамина, кислотный алый, кислотный ярко-голубой 3, кислотный желтый светопрозрачный и др., а также пигментов: медь сернокислая, кобальт хлористый, никель хлористый и др. Исследование проводилось с целью выяснения радиационной стойкости красителей и пигментов в жидких и твердых растворах, механизмов радиационных процессов, происходящих в растворах при гамма-облучении, возможности создания на основе растворов простых, удобных в применении, дешевых детекторов дозы и мощности дозы гамма-излучения. В качестве жидких растворителей использовались: дистиллированная вода, этанол, изопропанол, диметиламин и др., которые предварительно очищались по стандартным методикам. Для получения твердых растворов применялся поливиниловый спирт и полистирол. Оптическая плотность в максимуме длинноволновой полосы поглощения свежеприготовленных необлученных жидких растворов составляла 2,3–2,4; окрашенных полимерных пленок 0,9–1,1. Твердые и жидкие растворы красителей в специальных кюветах облучались на гамма-установке "МРХγ-25М", в которой источником гамма-

геометрической формы (плоскостности, цилиндричности, сферы), что позволит поднять общий к.п.д. гидромашин с 0,9–0,93 до 0,96–0,97;

- применение регулирования в аксиально-поршневых насосах и гидромоторах поршневого зазора по давлению с помощью стального уплотнительного кольца;

- отказ в регулируемых аксиально-поршневых насосах и гидромоторах от самоустанавливающегося по торцовому распределителю блока цилиндров в пользу жесткой установки последнего на двух опорах скольжения в сочетании со сферическим торцовым распределителем, имеющим регулируемый гидродожим к блоку;

- применение для высокомоментных гидромотор-колес нерегулируемых пластинчатых гидромоторов двух- и более кратного действия с деталями ротора, имеющих повышенную структурную жесткость, гидравлическую разгрузку пластин и следящий гидродожим торцового уплотнения статора, обеспечивающих длительную работу гидромотора на высоких давлениях 45 – 63 МПа при общем к.п.д. не менее 0,96;

- применение для высокомоментных гидромотор-колес компаундного соединения нерегулируемых пластинчатых гидромоторов и регулируемого аксиально-поршневого, имеющих зубчатое зацепление с ведомой шестерней по внутренним зубьям на ступице колеса;

- отказ от прецизионных цилиндрических соединений с фиксируемым зазором в поршневых парах насосов и гидромоторов . а также в гидрораспределителях в пользу поршневых пар с уплотнительным кольцом, имеющим следящий гидродожим по давлению;

- применение в поршневых трибологических парах аксиально-поршневых насосов и гидромоторов (гидромашин) гидростатической разгрузки за счет впрыска высокого давления p в поршневой зазор;

- установка в аксиально-поршневых гидромашинах вращающегося в гидростатическом кольцевом подпятнике наклонного диска.

Замена в аксиально-поршневых гидромашинах подшипников качения опорами скольжения с гидростатической разгрузкой позволит снять ограничения на работу этих гидромашин с высоким давлением 45–63 МПа, которое существует, например, в гидромоторах с наклонным блоком (Sauer-Danfoss, Parker). В отличие от гидростатических подшипников классического исполнения, в которых через автоматически поддерживаемый зазор (25–35 мкм) потери мощности на утечки достигают 1–2 %, в опорах скольжения с гидростатической разгрузкой зазор не превышает отклонений от правильной геометрической формы $\delta_{\min} = 4\text{--}8$ мкм. При этом минимум потерь мощности на утечки и вязкое трение достигается также за счет выполнения на одной из поверхностей трибологической пары регулярного макрорельефа в виде углублений (разгрузочных камер), как правило, прямоугольной конфигурации на глубину $h = 0,6\text{--}0,8$ мм.

УДК 621.874
НОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. МАТВЕЕНКО

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

Совершенствование технологии, освоение производства новых видов строительных материалов и конструкций требуют разработки новых автоматических крановых грузозахватных устройств для складской переработки и отгрузки готовой продукции. Принимая во внимание широкий диапазон типоразмеров отдельных видов строительных материалов, новые грузозахватные устройства должны обладать широкой универсальностью. Это позволит значительно уменьшить их общее количество. Следует отметить, что стоимость одного захватного устройства составляет 15–20 млн р. Республики Беларусь. Переналадка захватных устройств на другой типоразмер должна осуществляться с минимальными затратами времени и ручного труда.

Кафедрой СДПТМиО университета по заявке ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий» разработано и с сентября 2009 г. принято в промышленную эксплуатацию универсальное автоматическое захватное устройство для оконных перемычек, обеспечивающее одновременный захват восьми перемычек с типоразмером по длине 1300, 1500, 1750 и 2250 мм. Захват перемычек осуществляется путем их продольного сжатия с торцов прижимными балками, жестко прикрепленными к ползунам, расположенными в горизонтальных направляющих рамы. Ползуны с помощью пальцев соединены с переходными балками, которые системой тяг и рычагов соединены с траверсой. Траверса в свою очередь связана с рамой вертикальными направляющими и механизмами фиксации. Переналадка захватного устройства на другой типоразмер осуществляется путем выдвижения или задвижения ползунов с прижимными балками в горизонтальных направляющих рамы и их фиксации с переходными балками с помощью пальцев. Таким образом, складская переработка и отгрузка оконных перемычек осуществляется одним захватным устройством, вместо поочередно используемых четырех.

В настоящее время ведется разработка универсального автоматического захватного устройства для формирования и переформирования пакетов газосиликатных блоков. Особенностью этого захватного устройства является обеспечение захвата от одного до восьми рядов блоков с толщиной одного ряда 100 мм.

высокоэффективного контроля портативными переносными средствами с микропроцессорной обработкой информации.

В отличие от измерений длины переносными устройствами, когда используется мера и измерительное средство сравнения, в координатных измерениях последовательно считываются распределенные по поверхности значения координат с последующей обработкой по принятому алгоритму в заданной системе координат. В координатных способах расстояние рассчитывается по известной зависимости между координатами точек поверхности.

По существу параметры геометрического тела задаются нормируемой поверхностью с определенными отклонениями в некотором поле допусков. При этом технологические отклонения характеризуются случайным распределением в соответствующих пространственных координатах.

В отличие от линейно-угловых величин геометрические параметры оцениваются по сложным аналоговым зависимостям от координат элементов, непрерывно расположенных на реальной поверхности. Несоответствие геометрического параметра номинальному значению оценивается относительно базовой поверхности, которая каким-то образом вписывается в реальный геометрический элемент поверхности.

Способы и средства оценки геометрических параметров поверхностей имеют обобщенную структуру процедуры трансформации их конструктивных признаков, формализованных в виде моделей. В таких моделях реализуются аналитические зависимости между выходной и входной величинами операционных преобразований. При этом используются существующие функциональные и корреляционные (по метрологии) связи между геометрическими параметрами и конструктивно-технологическими признаками элементов поверхности, что представляет некоторые трудности.

При всей сложности и многообразии задач оперативный контроль требует максимальной адаптации к специфике геометрии и условий объектов. Мобильность и производительность аппаратного обеспечения требует малогабаритных, легко приспособляемых к геометрическому телу, к операциям, к технологическому процессу и условиям производства способов и средств. Особо жесткие требования в оперативном контроле геометрических параметров поверхностей предъявляются к структуре и метрологии при монтажно-наладочных работах и натурных испытаниях.

Оперативный контроль (пооперационный) в производстве и эксплуатации сложноконтурных изделий позволяет эффективно управлять (отслеживать) процессом формообразования и своевременно устранять ситуации, когда формируемый профиль выходит из поля нормируемого допуска. Именно оперативный контроль в реальном времени упреждает выход бракованных по отдельным участкам контуров (профилей) изделий.

В.Ф. ПОЗДНЯКОВ, А.П. МАРКОВ, Е.В. ПИВОВАРОВА

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

Для современного приборостроения и различных отраслей машиностроительного комплекса усложняющая техника и технологии, а также расширяющаяся номенклатура и растущие масштабы производимой продукции предъявляют повышенные требования к диагностике и оперативному контролю. Распространение контроля на изделия сложной формы и сложно-контурные специфические поверхности обуславливает более жесткие требования по динамической точности, достоверности и производительности контрольно-измерительных операций.

Повышенные требования к качеству доводки взаимосопрягаемых поверхностей, геометрия и текущее состояние поверхностей сложной формы и специфических контуров ужесточают требования по мобильности и достоверности дистанционного контроля и средств аппаратного обеспечения. Интенсификация и автоматизация, имитационное моделирование и усложнение программ научных исследований и промышленных испытаний также требуют опережающего развития информационно-измерительных средств мониторинга поверхностных изменений.

Создание адаптивных к особенностям сложно-контурных поверхностей контрольно-измерительных средств обусловлено проблемами системного объединения специфичных по своей физической природе преобразовательных устройств. Комбинированное использование физических преимуществ разнородных функциональных элементов позволяет более рационально организовать структурно-алгоритмическую цепь преобразований измерительной информации о фактическом состоянии поверхности.

Различия в информационно-преобразовательной структуре оперативного контроля линейно-условных величин обусловлены спецификой элементов, параметров и их диапазонов. Если измерения длин строятся на оценке расстояния между двумя точками поверхности, то для оценки признаков пространственно-распределенной поверхности необходим ряд сложных аналитических зависимостей ее координат, непрерывно расположенных элементов и других особенностей.

При всех своих преимуществах координатные измерения обеспечивают высокую точностную надежность и быстродействие при больших объемах машинной обработки первичной информации. Но современная комбинированная преобразовательная техника создает предпосылки и для

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

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

Современные системы активной безопасности используют три наиболее известных принципа: 1 – регулирование по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса; 2 – регулирование по максимальному использованию тангенциальной реакции колеса с опорной поверхностью; 3 – регулирование по производной от коэффициента сцепления по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса (градиентный метод).

При этом источником первичной информации является кинематический параметр вращения колеса, а исполнительным механизмом является модулятор, включенный в тормозной привод.

Используется способ сравнения углового замедления колеса и поступательного замедления мотоцикла. Формирование сигнала управления при данном способе производится в случае нарушения равенства ускорений. При равенстве ускорений формирование сигнала управления не осуществляется. Наиболее серьезным недостатком данных систем является низкая информативность датчиков кинематических параметров, заключающаяся в том, что информация не позволяет производить точные расчеты по определению силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью или косвенных параметров, например, коэффициентов сцепления колес.

Эффективность и качество функционирования любых систем активной безопасности можно повысить путем использования высокоинформативных источников первичной информации – силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью, позволяющих самоадаптацию автоматической системы в изменяющихся условиях сцепления колеса с опорной поверхностью.

На основании сформулированного принципа, формирование сигнала управления торможением, заключающегося в том, что критерием формирования сигнала управления является отрицательный знак производной от тормозного момента, разработана антиблокировочная система мотоцикла. Разработанная антиблокировочная система содержит контроллер возрастания тормозного момента, а также контроллер максимального тормозного момента и является адаптивной к дисковому тормозному механизму, имеющему механический привод.

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

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

Использование высокоинформативных источников первичной информации, каковыми являются силовые факторы, фактически реализуемые колесами транспортного средства позволит создать эффективные системы активной безопасности (САБ) транспортных средств. В этом случае число информационных каналов САБ существенно уменьшается, а эффективность алгоритмов управления повышается.

Это означает, что перспективные конструкции тормозных механизмов, транспортных средств должны предусматривать установку устройств измерения силовых факторов, реализуемых колесами с опорной поверхностью, с целью их адаптации к системам активной безопасности на основе анализа сил. Кроме того, такие устройства были бы весьма полезны для создания новых диагностических систем контроля качества функционирования АБС, которые, возможно, могли быть включены в бортовую электронную систему АТС.

Основная сложность создания систем автоматического регулирования торможением АТС, основанных на измерении и анализе силовых факторов, - это размещение источников первичной информации, исполненных в виде устройств измерения тормозных моментов (силы), в штатных конструкциях тормозных механизмов колесных машин.

Одним из вариантов решения проблемы является способ измерения тормозного момента, заключающийся в том, что устройство восприятия тормозного момента (УВТМ (У)) размещается в опорном устройстве (ОУ) тормозных исполнительных элементов и взаимодействует с электронным измерительным устройством (ЭИУ), формирующим сигнал, пропорциональный фактически реализуемому колесом тормозному моменту.

Другим вариантом решения проблемы является создание замкнутой системы, реализующей принцип автоматического регулирования торможением транспортного средства, основанный на измерении и анализе силовых факторов. Система предусматривает функционирование по указанному принципу без обращения к внешнему устройству измерения сигналов и воздействия на исполнительный орган. Подобный подход позволит значительно снизить сложность системы и ее зависимость от компонент средств контроля.

поля на поверхности изделия и дне дефекта $\sigma_{1,2} = k \cdot H_{0n}$, а также на его боковых гранях $\sigma_{3,4} = k \cdot H_{0r}$.

Получены аналитические выражения для тангенциальной и нормальной компонент суперпозиции полей в зоне поверхностного дефекта на плоской поверхности контролируемого объекта. Составляющие магнитных полей рассчитывали путем численного интегрирования с учетом неравномерности распределения σ_1 и σ_2 по соответствующим поверхностям и учитывали динамику изменения величин и знака зарядов σ_3 и σ_4 на боковых гранях дефекта.

Расчеты показали, что наибольший вклад в формирование магнитного поля на поверхности объекта в зоне поверхностного дефекта вносят составляющие магнитного поля от действия «магнитных зарядов» на поверхностях изделия и дне дефекта. Вклад от действия «магнитных зарядов», расположенных на боковых гранях дефекта, колеблется от 1 % до 15 % в зависимости от расстояния дефекта до плоскости симметрии магнита. Тангенциальная составляющая магнитного поля дефекта, обусловленная только «зарядами» на боковых гранях, имеет асимметричный вид и с уменьшением отношения ширины дефекта к его глубине трансформируется от кривой, имеющей два положительных и два отрицательных (меньшей величины) экстремума, до кривой, имеющей один положительный и один отрицательный экстремум. Степень асимметрии увеличивается с увеличением ширины дефекта и его расстояния до оси ординат. Чем глубже дефект, тем больше погрешность от неучета неравномерности распределения «магнитных зарядов» на боковых гранях дефекта.

Кривая H_{td} поля в зоне дефекта от действия всех «магнитных зарядов» имеет асимметричный вид, смещена вверх относительно оси абсцисс, имеет два экстремума, причем положительный экстремум тем больше отрицательного, чем ближе дефект расположен к краю магнита. Это объясняется увеличением вклада составляющей от действия «магнитных зарядов» на боковых гранях дефекта.

Расчетная *сигналограмма* от дефекта с дном, смещенного относительно плоскости симметрии магнита, также имеет асимметричный вид и содержит два положительных и два отрицательных экстремума, причем ее положительная часть имеет глубокий провал. Степень асимметрии кривой зависит от расстояния дефекта до плоскости симметрии магнита и объясняется нахождением граней дефекта в поле разной напряженности, а потому неравномерным распределением «магнитных зарядов» на поверхности объекта и дне дефекта. Экспериментальные сигналограммы качественно близки к расчетным для дефектов, ширина которых больше чем в 2,5 раза превышает толщину индуктивной головки дефектоскопа, что определяется разрешающей способностью прибора.

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

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

Появился ряд работ, в которых описываются результаты магнитографического контроля ферромагнитных изделий с намагничиванием объекта перемещаемым над контролируемой зоной постоянным магнитом. Намагничивание объекта в этом случае происходит непосредственно через магнитопровод. Создаваемое магнитом первичное поле в зоне контроля существенно неоднородно и содержит как параллельную поверхности $H_{0\tau}$, так и нормальную к ней H_{0n} составляющие. Динамику изменения полей дефектов вследствие изменения положения дефектов сплошности относительно перемещаемого магнита легче проследить, если представить, что несплошность находится на различном удалении от плоскости симметрии стационарного магнита.

В выполненных ранее методом «магнитных зарядов» расчетах принято допущение, что плотность «магнитных зарядов», образующихся на боковых гранях дефекта, постоянна. Такое допущение корректно только при контроле очень тонких пластин, когда изменением намагничивающего поля по глубине несплошности можно пренебречь. Настоящий расчет учитывает наличие неоднородного внешнего поля в зоне дефекта. При расчетах его компонент $H_{0\tau}$ и H_{0n} приняты допущения: магнит шириной $2a$ и высотой L расположен на расстоянии δ от намагничиваемой поверхности и обращен к ней гранью с одним полюсом; ось ординат расположена в плоскости симметрии магнита; $H_{0\tau}$ и H_{0n} определяются суммарным действием фиктивных «магнитных зарядов» $\pm\sigma_0$, расположенных на торцах магнита; рассеянием магнитного поля вне боковых граней магнита можно пренебречь. Получены выражения для нормальной и горизонтальной составляющих поля магнита:

$$H_{0n} = \frac{\sigma_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\arctg \left(\frac{2a(\delta + L - y)}{((\delta + L - y)^2 + x^2 - a^2)} \right) - \arctg \left(\frac{2a(\delta - y)}{((\delta - y)^2 + x^2 - a^2)} \right) \right);$$

$$H_{0\tau} = \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \left(\frac{(x + a)^2 + (\delta - y)^2}{(x - a)^2 + (\delta - y)^2} \right) \cdot \frac{((x - a)^2 + (\delta + L - y)^2)}{((x + a)^2 + (\delta + L - y)^2)} \right),$$

что позволяет рассчитать плотность связанных «магнитных зарядов», возникающих под действием нормальных составляющих намагничивающего

К.Д. МИРОНОВ, Д.К. МИРОНОВ

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

Выпускаемые машины недостаточно оснащены системами диагностирования и управления, что снижает их конкурентоспособность. Одной из причин является то, что нагрузка на валах двигателя и трансмиссии машин является случайной, а регулятор частоты вращения вала двигателя отличается запаздыванием. Предложена интеллектуальная система управления, содержащая силовую установку с соответствующими агрегатами и узлами, и элементов микропроцессорных систем.

При работе транспортного средства на заданном водителем и поддерживаемом всережимным регулятором скоростном режиме, путем перемещения рейки топливного насоса вал двигателя вращается и при включении устройства в исходном состоянии появляются импульсы напряжения. Таким образом, на протяжении длительности импульса, пропорциональной величине крутящего момента на валу двигателя, информация записывается в регистр общего назначения микропроцессора.

Обработка сигналов о моменте на валу с целью получения текущих значений момента осуществляется процессором по программе, которая состоит из команд.

Программа вычисления значений момента записана в постоянном запоминающем устройстве. При этом, в ходе работы микропроцессор выдает номер ячейки постоянного запоминающего устройства, где хранится команда, которую необходимо выполнить по программе. В процессе работы транспортного средства, при постоянном моменте на валу числа, записанные в регистрах микропроцессора, имеют одинаковые значения. При увеличении момента на валу, формируется цифровой сигнал разности записанных цифровых сигналов в регистрах микропроцессора, который осуществляет перемещение рейки в сторону увеличения подачи топлива до тех пор, пока на входе усилителя имеется сигнал. Если же сигнал, записанный в регистрах отрицательный, то на выходе цифроаналогового преобразователя, в этом случае, формируется сигнал отрицательной полярности, который позволяет переместить рейку в сторону уменьшения подачи топлива. Предложенная микропроцессорная система управления подачей топлива в цилиндры дизельного двигателя имеет высокие показатели качества регулирования: малое перерегулирование, отсутствует колебательность, топливная экономичность машин повышается, а своевременное уменьшение или увеличение подачи топлива в цилиндры снижает также и токсичность отработавших газов.

В.И. МРОЧЕК, Д.И. ГОРОДЕЦКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Анализ существующих в настоящее время стендов для диагностирования гидроусилителей показывает, что они обладают следующими недостатками: не являются универсальными, поскольку предназначены для испытаний только одного или двух типов гидроусилителей; не позволяют определять нагрузочные характеристики гидроусилителей; не дают возможности проводить все виды диагностирования (как общее, так и поэлементное).

В связи с этим в Белорусско-Российском университете был разработан стенд для общего и поэлементного диагностирования гидроусилителей. Стенд содержит две подсистемы:

а) подсистему для диагностирования распределителей, гидроцилиндров и регуляторов расхода;

б) подсистему для общего диагностирования гидроусилителей и насосов.

Подсистема для диагностирования распределителей, цилиндров и регуляторов расхода содержит: электродвигатель; насос стенда; предохранительный клапан; манометр; переливной клапан для регулирования давления в напорной гидролинии; рукав высокого давления, с помощью которого испытываемые распределитель, цилиндр, регулятор расхода подключаются к напорной гидролинии; рукав низкого давления, с помощью которого испытываемые устройства подключаются к устройству для измерения расхода, состоящее из мерного бака с указателем уровня; фильтр; теплообменник; вентиль; термометр.

Подсистема для общего диагностирования гидроусилителей и их насосов содержит: электродвигатель для привода насоса гидроусилителя; манометр; регулируемый дроссель; расходомер; переключатель насоса с гидробака стенда на бак гидроусилителя; фильтр, имитатор нагрузки, позволяющий воспроизводить на стенде сопротивление повороту управляемых колес. Отличительной особенностью разработанного имитатора нагрузки является то, что он позволяет на основе измерения одного параметра – давления в полости цилиндра-нагружателя определять усилие и скорость перемещения штока цилиндра испытываемого гидроусилителя.

На стенде также установлено динамометрическое колесо с указателем угла поворота колеса и шкалой.

Разработанный стенд позволяет проводить общее и поэлементное диагностирование гидроусилителей, выполненных по всем известным в настоящее время компоновочным схемам.

б) по сфере воздействия факторы проявления рисков на магистральные трубопроводы в большинстве случаев можно отнести к экологическим, однако при их рассмотрении надо учитывать особенности конкретной территории (наличие рек, источников водоснабжения, железных дорог), способных перевести их в категорию социальных;

в) по видам опасности факторы рисков на магистральные трубопроводы дифференцируются как химические, пожароопасные, термические.

Сами риски могут быть классифицированы:

а) по масштабу проявления риски на магистральных трубопроводах их можно дифференцировать на локальные, региональные и, в некоторых случаях, национальные;

б) по характеру воздействия на трубопроводы риски могут быть одноразовыми и многоразовыми;

в) при оценке риска на объектах транспортировки нефти и газа критерий предотвращения (предотвращаемый, непредотвращаемый) является одним из главных при обеспечении безопасности магистральных трубопроводов, однако их большая протяженность и наличие разнообразных причин аварийности как природного, так и техногенного характера, а также изменчивости геологической среды приводит к тому, что оценку по этому критерию требуется проводить по каждому источнику воздействия на магистральный трубопровод;

г) по форме проявления при транспортировке нефти и газа риски могут быть как прямыми, так и косвенными. Проводить классификацию рисков можно и по другим критериям (характер воздействия, вероятность и т.д.).

При оценке мероприятий по снижению влияния риска их можно подразделить на: необоснованные, которые заключаются в принятии решения, когда вероятность наступления риска велика и это решение может повлечь за собой негативные последствия и обоснованные, когда вероятность риска минимальная и, следовательно, отрицательные последствия не могут наступить во время эксплуатации объектов транспортировки нефти и газа.

Таким образом, подход к оценке риска применительно к магистральным трубопроводам определяется целями исследования, необходимо при этом учитывать, что универсального подхода к оценке риска не существует. Однако имеющийся опыт показывает, что наиболее приемлемыми с позиции геоэкологии для оценки загрязнения окружающей среды и возможных последствий в случае аварии являются эколого-геохимический и дендрологический подходы.

Проведенная классификация рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов позволяет выявить основные риски для их функционирования и для сохранности прилегающих к ним природных комплексов.

В.Г. МЯКОТА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время единое определение понятия риска отсутствует. Под риском в различных литературных источниках понимается вероятность возникновения какого-либо неблагоприятного события с предсказуемыми последствиями за определенный промежуток времени.

Применительно к магистральным трубопроводам можно выделить следующие применяемые подходы к анализу рисков применительно к магистральным трубопроводам: имитационное моделирование (метод Монте-Карло), дендрологический, корреляционный, оценка и картографирование риска возникновения ЧС природного или техногенного происхождения и связанных с ними последствий (прогноз риск-ситуаций) и эколого-геохимический. Имитационное моделирование позволяет имитировать условия, при которых возможна авария. Второй метод позволяет количественно и качественно проанализировать причинные взаимосвязи, ведущие к возникновению опасных ситуаций при эксплуатации магистральных трубопроводов. Прогноз риск-ситуаций позволяет представить в будущем проявление в пределах трассы неблагоприятных событий и спрогнозировать их влияние на безопасное функционирование магистральных трубопроводов. Эколого-геохимический – провести оценку экологического риска, связанного с загрязнением трассы различными веществами.

На объектах транспортировки нефти и газа риски могут быть классифицированы по следующим факторам:

- а) по источникам воздействия;
 - природные, к которым относятся экстремальные эколого-геоморфологические ситуации, в результате которых происходит изменение в отрицательную сторону многих компонентов природной среды;
 - техногенные, связанные с дефектами труб, коррозий и ошибками управления;
 - природно-техногенные, связанные с взаимодействием магистральных трубопроводов с грунтами основания, при неблагоприятных грунтовых условиях.

Факторы проявления природно-техногенных рисков относительно магистральных трубопроводов можно подразделить на проявление инженерно-геологических процессов, наличие недостоверной информации при проведении инженерно-геологических изысканий и т.д.;

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

Испытания рулевых управлений автомобилей с гидроусилителями в настоящее время регламентируются стандартом СЭВ 1629-79 и ГОСТ Р 52453-2005. Указанными документами предусмотрено проведение мероприятий по определению регулировочных, энергетических, кинематических и гидравлических характеристик рулевых управлений с гидроусилителями.

К регулировочным характеристикам относятся зависимости момента на валу сошки и давления в напорной части гидросистемы от момента на входном валу.

Энергетические характеристики позволяют оценить КПД и внутреннее трение рулевого механизма с гидроусилителем, а также оценить работоспособность рулевого механизма при выключенном гидроусилителе.

Кинематические характеристики позволяют оценить механический, упругий механический и гидравлический люфты, упругость и передаточное отношение рулевого механизма.

По гидравлическим характеристикам оцениваются главным образом отдельные свойства гидроусилителя в сборе.

Исследованиями установлено, что для обеспечения возможности однозначной оценки работоспособности гидроусилителя необходимо определять его нагрузочную характеристику, представляющую зависимость скорости выходного звена от сопротивления повороту управляемых колес. Для гидроусилителей интегрального типа эта характеристика представляет зависимость угловой скорости вала сошки от момента сопротивления на валу сошки. Для других компоновочных схем гидроусилителей нагрузочная характеристика представляет зависимость скорости перемещения штока цилиндра гидроусилителя от усилия на его штоке.

В результате выполненных исследований, определены нагрузочные характеристики гидроусилителей нейтрального и полуинтегрального типов (МАЗ–5335 и МАЗ–6422), соответствующие номинальным и предельным конструктивным параметрам гидроусилителей. Это позволило построить на поле нагрузочных характеристик области работоспособности гидроусилителей.

Использование полученных результатов позволяет оценивать работоспособность гидроусилителей в процессе эксплуатации.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ТРЕХЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ

Т.В. МРОЧЕК, С.В. РОЗОВ

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

Трехлинейные регуляторы расхода широко применяются в гидроусилителях рулевых управлениях автомобилей МАЗ. Трехлинейный регулятор расхода предназначен для поддержания заданного значения расхода вне зависимости от значения перепада давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости и величины расхода на входе.

Конструктивно регулятор представляет собой модуль, состоящий из клапана разности давлений, дросселя и предохранительного клапана прямого действия. При помощи дросселя регулируется расход рабочей жидкости на выходе регулятора, а при помощи клапана разности давлений автоматически обеспечивается постоянный перепад давлений на дросселе. Клапан разности давлений состоит из золотника, пружины и вспомогательного дросселя.

Известно, что в процессе эксплуатации на регулятор расхода приходится около 20 % отказов гидроусилителя. В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований регулятора расхода.

С целью изучения процессов, протекающих в регуляторе расхода, разработаны его расчетная схема и математическая модель, представляющая собой систему алгебраических уравнений, учитывающих потери давления на трение по длине гидромагистралей независимо от режимов течения жидкости, а также потери в местных сопротивлениях, вязкостные свойства рабочей жидкости, зависимость вязкости от температуры, утечки в сопряжениях регулятора. При построении модели приняты следующие допущения: не учитывается сжимаемость рабочей жидкости; не учитываются силы инерции, действующие на механические части, а также на рабочую жидкость.

Использование разработанной математической модели, позволяет изучать влияние конструктивных параметров на выходные характеристики регулятора расхода; устанавливать причины ухудшения функциональных свойств регулятора расхода; определять предельные значения параметров регулятора, при которых возможна эксплуатация этого устройства; определять направления совершенствования конструкции и повышения ремонтопригодности регулятора расхода.

тивность контроля степени летучести жидкой фазы суспензионных проявителей, полярности пенетрантов, о роли вязкости пенетранта в протекании различных стадий процесса заполнения им дефектов. В данной работе показано, что влияние этих свойств может быть существенным.

Нетрудно показать, что движущей силой растекания пенетранта, как и капиллярного впитывания при неполном смачивании стенок дефекта, является не поверхностное натяжение пенетранта $\sigma_{жт}$, а адгезионное натяжение Σ , представляющее собой разность величин межфазных поверхностных энергий на границах раздела твердое тело – газ $\sigma_{тг}$ и твердое тело – жидкость $\sigma_{тж}$. На стадии же проявления миграция пенетранта в системе «пористый слой проявителя – полость дефекта» представляет собой, прежде всего, совокупность процессов пленочного натекания жидкости на поверхность зерен проявителя, а также ее капиллярного впитывания в слой проявителя. Именно этим объясняется то, что оптимальным является не максимальное значение поверхностного натяжения пенетранта, а соответствующее вышеприведенному диапазону.

Авторами были определены значения вязкости ряда распространенных проникающих жидкостей. Исследование корреляции между вязкостью и уровнем чувствительности для различных индикаторных жидкостей показало, что лучшую выявляемость поверхностных дефектов обеспечивают пенетранты с повышенной вязкостью. Особенно эффективно использование таких пенетрантов при контроле вертикально расположенных поверхностей диагностируемых объектов. В этом случае обеспечивается не только высокая чувствительность, но и достаточная продолжительность контакта жидкости с устьем дефекта, поскольку высоковязкий пенетрант медленнее стекает с поверхности контроля. Следует, однако, учитывать, что, как правило, с увеличением вязкости пенетрантов связано ухудшение смываемости их излишков перед нанесением проявителя.

Показано также, что полярность пенетранта, слабо влияющая на скорость капиллярной пропитки дефектов с раскрытием $R < 0,5$ мкм, может, с одной стороны, способствовать его более глубокому проникновению в трещины и поры посредством процесса двустороннего заполнения таких тупиковых дефектов, но, с другой стороны, – существенно замедлять этот процесс, увеличивая эффективную вязкость.

В работе экспериментально установлено, что чем быстрее высыхает слой проявителя, тем ярче и, соответственно, контрастнее индикаторный рисунок дефекта. Показано, что с уменьшением продолжительности высыхания слоя проявителя уменьшается и размытость индикаторного следа, что, в свою очередь, соответствует увеличению контрастности индикаторного рисунка, т.е. видимости выявляемого дефекта. Таким образом, скорость испарения жидкой фазы суспензионных проявителей может оказывать существенное влияние на производительность дефектоскопии.

Н.П. МИГУН, И.В. ВОЛОВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
ОАО «МОЗЫРСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД»
Минск, Мозырь, Беларусь

Одной из важнейших задач неразрушающего контроля является решение проблем ресурсо- и энергосбережения: своевременное выявление дефектов на любой стадии производства позволяет сэкономить материалы, энергетические и человеческие ресурсы, поскольку будут отсутствовать затраты на изготовление заведомо бракованных изделий из некачественных материалов. Первостепенную важность имеют неразрушающий контроль и техническая диагностика и для обеспечения функционирования потенциально опасных промышленных объектов (магистральные газо- и нефтепроводы, оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств, транспортные средства и т.п.). Особенно это касается промышленных объектов, ресурс эксплуатации которых в значительной степени выработан. Все более широкое распространение в различных отраслях народного хозяйства получают методы неразрушающего контроля проникающими жидкостями. Их неоспоримыми преимуществами являются высокая чувствительность, а также применимость для выявления поверхностных дефектов в изделиях из материалов самого широкого диапазона свойств (магнитные и немагнитные, электро- и неэлектропроводные, керамические, полимерные, сплавы и др.).

Эффективность капиллярной дефектоскопии зависит, главным образом, от качества набора дефектоскопических материалов и от обеспечения оптимальных режимов реализации технологических стадий процесса контроля. Важнейшими физико-химическими свойствами дефектоскопических материалов являются поверхностное натяжение и вязкость пенетрантов, а также способность высохшего слоя суспензионного проявителя абсорбировать пенетрант из полости дефектов. При этом считается, например, что пенетрант с меньшей вязкостью μ предпочтителен, поскольку быстрее проникает в полости дефектов, тогда как на практике в некоторых случаях эффективнее применение более вязкого пенетранта. Не анализируется, почему существует диапазон оптимальных значений коэффициента поверхностного натяжения пенетранта $\sigma_{жг}$ $((2,5-3,5) \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1})$, тогда как рост $\sigma_{жг}$ соответствует увеличению глубины пропитки пенетрантом полости дефекта. С другой стороны, отсутствуют сведения о влиянии на эффек-

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

Объектом исследований в данной работе является регулятор расхода, устанавливаемый в гидроусилителях рулевых управлений автомобилей МАЗ.

Установлено, что наиболее значимыми для оценки работоспособности трехлинейного регулятора расхода являются следующие статические характеристики: характеристика регулятора расхода, представляющая собой зависимость между расходом $Q_{p,p}$ и давлением $p_{p,p}$ на выходе регулятора; характеристика зависимости между величиной суммарных утечек Q_{Σ} и $p_{p,p}$. Указанные характеристики позволяют оценить эффективность функционирования регулятора и выявить причины ее снижения, которые могут наступить в результате необоснованного выбора параметров, либо по причине износа в процессе эксплуатации.

Как показали исследования, наибольшее влияние на выходные характеристики регулятора оказывают такие его конструктивные параметры, как диаметр $d_{p,p}$ гидромагистрали регулятора и диаметр основного дросселя регулятора $d_{др1}$.

Установлено, что при принятых параметрах во всем диапазоне изменения подачи на входе регулятора и давления на его выходе, расход на выходе регулятора $Q_{p,p}$ изменяется незначительно, примерно на 1,8 %, т. е. стабилизация дозирования расхода регулятором осуществляется с очень высокой точностью и практически не зависит от подачи насоса, если он обеспечивает некоторый необходимый запас.

Установлено, что требуемая точность регулирования расхода регулятором при допускаемой величине снижения расхода до 5 % от номинальной обеспечивается при условии, что радиальный зазор между золотником и корпусом регулятора $a_0 \leq 24$ мкм, а кинематическая вязкость рабочей жидкости не превышает 60 сСт.

Точность регулирования расхода может быть повышена путем увеличения диаметра $d_{p,p}$ гидромагистрали регулятора. При увеличении $d_{p,p}$ с 6 до 10 мм снижение расхода на выходе регулятора, при изменении кинематической вязкости от 10 до 110 сСт, не превышает 0,4 %.

Изменение диаметра $d_{др1}$ в пределах ± 15 % от номинального значения позволяет изменить расход $Q_{p,p}$ на 55 %. В связи с этим, целесообразно в конструкции регулятора расхода предусмотреть возможность изменения диаметра основного дросселя $d_{др1}$, то есть установить регулируемый дроссель.

А.Е. НАУМЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилёв, Беларусь

В настоящее время большое внимание уделяется энергосбережению. При эксплуатации строительно-дорожных машин недостаточно внимания уделяется температурному режиму гидросистемы. Например, расчёты показывают, что в начале работы одноковшового фронтального погрузчика МоАЗ-4048, после длительной остановки, когда температура рабочей жидкости равна температуре окружающей среды, потери мощности на преодоление внутренних сопротивлений трубопроводов и гидроаппаратов имеют в несколько раз более высокое значение, чем при рабочей температуре рабочей жидкости. Кроме того, при отрицательной температуре окружающей среды потери мощности на преодоление сопротивлений могут достигать таких значений, при которых выполнение машиной рабочих операций невозможно. Отсюда вытекает целесообразность выполнения подогрева рабочей жидкости гидросистемы в начальный период работы машины после длительной остановки.

Для проведения подогрева рабочей жидкости предложено техническое решение системы подогрева рабочей жидкости, основанное на эффекте выделения тепла при сжатии газа. Система подогрева состоит из отдельного гидробака объёмом от 15 до 30 л, всасывающего трубопровода, шестерённого насоса с небольшим рабочим объёмом (от 10 до 32 см³), напорного трубопровода и дросселя. Всасывающий трубопровод выполнен с возможностью забора атмосферного воздуха. Напорный трубопровод выполнен в виде «змеевика» и установлен в основной гидробак машины. В основном гидробаке машины находится температурное реле, которое управляет электромагнитной сцепной муфтой, через которую осуществляется привод насоса.

Принцип работы такой системы заключается в следующем. При низкой температуре рабочей жидкости электромагнитная муфта замыкается и приводит в действие насос. Во всасывающем трубопроводе создаётся разрежение, под действием которого в этот трубопровод поступает атмосферный воздух. Воздушно-жидкостная смесь проходит через насос, в котором происходит её перемешивание и, далее, подаётся в напорный трубопровод. Под действием давления создаваемого дросселем данная смесь сжимается. Часть воздуха находящегося в рабочей жидкости растворяется, а часть сжимается под действием давления. При сжатии воздуха выделяется неко-

личивающего поля от 500 до 40000 А/м. Направление этого поля совпадало с продольной осью стержня, а его неоднородность в рабочей области намагничивающего соленоида (10×20×200 мм³) не превышала 1 %. Измерительная катушка имела длину 2 мм, число витков 80 и могла передвигаться вдоль стержня с точностью 0,5 мм.

В результате установлено, что для стержней в диапазоне изменения λ от 2 до 20 в полях напряженностью от 500 до 40000 А/м характер распределения относительной величины магнитной индукции имеет параболический вид и практически не зависит от магнитных свойств материала.

При увеличении длины стержня (λ равно 50 и 100) с ростом величины коэрцитивной силы наблюдается некоторое расширение протяженности центральной области, причем эта зависимость проявляется для всех величин намагничивающего поля и наиболее выражена для материала с большей величиной коэрцитивной силы. Такие же закономерности справедливы и для образцов с $\lambda = 200$, однако следует отметить, что характер распределения относительной величины индукции для стержней с $H_{cs} = 3000$ А/м имеет уже П-образную форму.

На основе анализа полученных экспериментальных данных, результатов численного расчета и представления Вюршмидта для распределения намагниченности сплошного стержня круглого сечения в виде степенного ряда (с корректировкой Бурцева), нами предложено новое выражение для практических расчетов распределения остаточной магнитной индукции B_r относительно ее величины B_{r0} в центральном поперечном сечении стержня круглого сечения вдоль его продольной оси с учетом размеров стержня, магнитных характеристик его материала и величины внешнего намагничивающего поля:

$$\frac{B_r}{B_{r0}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{1,7}{\lambda} + \frac{0,25}{1 + \frac{100}{\lambda}}} \left[1 - \frac{1 - \left(\frac{2z}{L}\right)^4}{1 + \left(\frac{1}{4\lambda + 2,4 \cdot 10^{-5} \lambda^2 B_r^m / (\mu_0 H_{cs})} \cdot \left(\frac{B_r^m}{\mu_0 H_{cs}} + \frac{4B^m}{\mu_0 H_{вн}} \right) \right)^2} \right] \left(\frac{2z}{L} \right)^2,$$

где B^m – магнитная индукция материала стержня в замкнутой магнитной цепи при поле, равном $H_{вн}$; B_r^m – остаточная магнитная индукция материала стержня после выключения внешнего магнитного поля замкнутой магнитной цепи, равного по величине $H_{вн}$; μ_0 – магнитная постоянная.

Расчет по предложенному выражению в исследуемом диапазоне изменений длины стержня, коэрцитивной силы материала и внешнего намагничивающего поля согласуется с результатами эксперимента и численного расчета с приемлемой для практических расчетов точностью.

УДК 620.179.14
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ВДОЛЬ
ФЕРРОМАГНИТНОГО СТЕРЖНЯ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

В.Ф. МАТЮК, А.А. ОСИПОВ, А.В. СТРЕЛЮХИН
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В различных устройствах радио- и электротехники, измерительной техники и неразрушающего контроля используются ферромагнитные сердечники в виде стержней круглого сечения. Знание распределения остаточной магнитной индукции вдоль их длины является весьма актуальной задачей при расчете и проектировании таких устройств.

Характер распределения остаточной магнитной индукции вдоль стержня зависит от его размеров, магнитных свойств материала, из которого стержень изготовлен, и от величины внешнего поля, в котором он был намагничен. Однако систематизированные экспериментальные данные, характеризующие это распределение, весьма немногочисленны, а известная формула для расчета распределения остаточной магнитной индукции представляет собой степенной ряд относительно координаты рассматриваемой точки, в котором коэффициент разложения определяется по результатам измерения остаточной магнитной индукции в центральном и торцевом сечениях стержня. Эта формула характеризуется низкой точностью вследствие использования только одного члена степенного ряда и необходимостью определять ее коэффициент для каждого значения соотношения между длиной и диаметром стержня в зависимости от магнитных свойств его материала и величины магнитного поля, в котором стержень находился.

В докладе приводятся результаты экспериментальных исследований распределения относительной величины продольной составляющей вектора остаточной магнитной индукции в цилиндрических стержнях круглого сечения после их намагничивания однородным постоянным магнитным полем в разомкнутой магнитной цепи, на основе которых предложена и экспериментально проверена новая формула, учитывающая магнитные характеристики материала стержня, его размеры и величину намагничивающего поля.

Исследования проводились на образцах с относительной длиной $\lambda = L/(2R)$ (L – длина стержня, R – радиус стержня) от 2 до 200 и коэрцитивной силой H_{cs} материала, равной 160, 724 и 3000 А/м. Ввиду трудностей изготовления стержней некоторых размеров вместо экспериментальных измерений был выполнен численный расчет.

Измерения остаточной магнитной индукции проводили на магнитоизмерительной установке УИМХ при величинах напряженности $H_{вн}$ намаг-

нотное количество теплоты, которое передаётся более холодной рабочей жидкостью, в результате чего температура подаваемой воздушно-жидкостной смеси повышается. Нагретая смесь, проходя через напорный трубопровод, подогревает рабочую жидкость в основном гидробаке машины.

Для данной системы подогрева рабочей жидкости была разработана методика расчёта её параметров. Также, произведён расчёт параметров системы подогрева применительно к одноковшовому фронтальному погрузчику МоАЗ-4048. Расчёты показали, что используя разработанную систему подогрева, время нагрева рабочей жидкости с 0 °С до рабочей температуры 50 °С составляет примерно 20–25 минут (без использования подогрева рабочей жидкости, время её разогрева до рабочей температуры составляет от 2 до 3 часов в зависимости от интенсивности работы машины). При этом, при использовании шестерённого насоса НШ-32 необходимое давление в системе подогрева составляет около 4 МПа, расход воздуха, подаваемого во всасывающий трубопровод, составляет около 0,4 л/с.

Данная система прошла испытания на лабораторном стенде. Дросселем задавался интервал давлений при различной подаче воздуха во всасывающий трубопровод, и контролировалась температура воздушно-жидкостной смеси в напорном трубопроводе.

В результате испытаний были получены зависимости температуры воздушно-жидкостной смеси в напорном трубопроводе от объёма, подаваемого в систему подогрева воздуха, и давления, создаваемого в напорном трубопроводе дросселем. Данные зависимости показали, что при сравнительно небольшом давлении около 2 – 3 МПа и количестве подаваемого воздуха около 0,2 л/с при использовании шестерённого насоса НШ-32, температура смеси в напорном трубопроводе за 2–3 минуты возрастает с 18 °С до 50–70 °С.

Испытания показали, что чем выше создаётся давление в напорном трубопроводе, тем интенсивнее увеличивается температура воздушно-жидкостной смеси. Рациональным диапазоном давления в напорном трубопроводе является давление примерно от 2 до 4 МПа. При давлении ниже 2 МПа увеличение температуры рабочей жидкости в напорном трубопроводе невелико. При давлении выше 4 – 4,5 МПа система работает нестабильно (в напорном трубопроводе наблюдаются скачки давления и появляется кавитация).

Установка разработанной системы подогрева рабочей жидкости на машину, позволяет сократить период работы машины, когда в гидросистеме возникают повышенные потери мощности на трение. В результате чего сокращаются затраты мощности на преодоление внутренних сопротивлений, что приводит к экономии топлива, а следовательно, к снижению себестоимости машино-часа работы машины.

УДК 625.08
ПОВЫШЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И КАЧЕСТВА
УКЛАДЫВАЕМОГО СЛОЯ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА

С.Б. ПАРТНОВ, А.Г. БОБРЫШЕВ, Е.С. ГАМАЗИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Эффект уплотнения дорожно-строительных материалов и, в том числе, асфальтобетонных смесей определяется достижением не только необходимой плотности, но и наиболее устойчивой и плотной структуры. Такая структура формируется под воздействием повторяющихся нагрузок, величина которых имеет оптимальное значение. Однако предел прочности материала в процессе уплотнения непрерывно повышается и, следовательно, требуется соответствующее повышение действующей нагрузки. При уплотнении асфальтобетонных смесей, повышение предела прочности является следствием снижения их температуры, повышения плотности и упрочнения.

Традиционная схема строительства асфальтобетонных покрытий предусматривает работу асфальтоукладчика, и как минимум, трёх катков (лёгкого, среднего, тяжёлого типа). Поэтому повышение уплотняющей способности асфальтоукладчика за счёт изменения конструкции трамбующего бруса позволит исключить из технологической схемы строительства дорожных покрытий лёгкий каток.

В современных серийных асфальтоукладчиках трамбующий брус за счёт многократного вертикального воздействия на уплотняемый материал обеспечивает уплотнение, а вибрационная плита – получение ровной поверхности уплотняемого слоя асфальтобетонной смеси. Однако воздействие только вертикальных нагрузок на слой уплотняемого материала не обеспечивает достижения нормируемых значений плотности асфальтобетонного покрытия. Коэффициент уплотнения слоя асфальтобетонной смеси, после воздействия на неё трамбующего бруса и выравнивающей плиты, обычно находится в пределах 0,9–0,92. Низкие значения коэффициента уплотнения отрицательно сказываются на прочности и долговечности асфальтобетонного покрытия, ввиду чего требуется дополнительное уплотнение слоя асфальтобетонной смеси укаткой. Работа уплотняющих органов известных конструкций сопровождается большими динамическими нагрузками из-за несовершенства используемых схем и конструкций привода рабочих органов. В связи с этим, их практическое использование ограничено (особенно трамбующего бруса), а надёжность недостаточно высока.

В докладе сообщается об оценке стабильности заряда батареи конденсаторов при разных уровнях требуемого для формирования импульсов магнитного поля напряжения.

Точность сравнения соответствующих уровней напряжения на накопительном конденсаторе определяется величиной напряжения смещения используемых для этой цели операционных усилителей. Показано, что при использовании в качестве компараторов микросхем типа *AD8551* и *AD8552* максимальная погрешность из-за напряжения смещения этих операционных усилителей не превышает долей процента и уменьшается с возрастанием напряжения заряда.

Еще одним источником погрешности является разрядность используемых в канале намагничивания АЦП. Для двенадцатиразрядных АЦП и двадцатикратном диапазоне изменения напряжения заряда погрешность измерений на краю диапазона может достигать 0,5 – 1 % и более.

В докладе дается анализ схемы заряда накопительного конденсатора при использовании тиристора в качестве электронного ключа. Показано, что при напряжении источника 380 В (амплитудное значение) погрешность заряда менее 5 % может быть обеспечена только в случае, когда величина заряда превышает 100 В, а 1 % – 200 В. Дана оценка возможности повышения точности заряда накопительного конденсатора за счет увеличения частоты напряжения источника заряда и уменьшения емкости проходного конденсатора.

Проведенные расчеты показали, что применение тиристора для заряда накопительного конденсатора при требовании высокой точности заряда сопряжено с существенными трудностями.

К сожалению, замена тиристора на другой элемент, например, транзистор, не всегда возможна. В этом случае методика, использующая сравнительно быстрый заряд накопительного конденсатора с превышением требуемого уровня, последующим медленным его разрядом до заданной величины и быстрым разрядом на намагничивающий элемент (соленоид), представляется в ряде случаев хорошим, а иногда и единственным возможным решением.

По этой методике накопительный конденсатор заряжается через электронный ключ до напряжения, превышающего требуемый уровень, а затем через второй электронный ключ и резистор медленно разряжается до напряжения, обеспечивающего требуемую точность формирования импульсного магнитного поля. При этом точность заряда накопительного конденсатора определяется быстродействием электронного ключа и величиной разрядного резистора. Ввиду того, что ток разряда накопительного конденсатора до нужного напряжения невелик, в качестве второго электронного ключа может быть использован транзистор.

Современные транзисторы имеют время выключения менее 1 мкс, поэтому погрешность формирования требуемого на накопительном конденсаторе уровня напряжения будет составлять доли процента.

В.Ф. МАТЮК, А.А. ОСИПОВ, В.А. БУРАК
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Особенностью генераторов импульсных магнитных полей, применяемых в приборах магнитного контроля, является широкий диапазон величин изменения их амплитуды $H_{им}$.

Стабильность амплитуды намагничивающих импульсов в случае, когда она достаточна для доведения материала до технического насыщения, не имеет принципиального значения. Исследования, проведенные на изделиях из конструкционных углеродистых сталей, показали, что относительное изменение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагнитченности на отпущенном при 700 °С образце при $H_{им} \geq 0,9 \cdot 10^5$ А/м и отклонении ее величины от установленного значения на 5 % не превышает 1 %, а на закаленном образце даже при $H_{им} = 2,5 \cdot 10^5$ А/м погрешность измерений превышает 2 %. Приемлемые для контроля результаты получаются только при отклонении амплитуды намагничивающих импульсов на 1 % от установленной амплитуды (примерно 0,5 % для магнитотвердого образца и 0,1 % – для магнитомягкого).

В случае небольших амплитуд намагничивающих импульсов, например, при работе в режиме частичного размагничивания изделия, $H_{им} = 2,5 \cdot 10^4$ А/м. В этом случае отклонение амплитуды импульсов на 5 % от установленного значения приводит к погрешности измерений на закаленном и на отпущенном образцах до 8–10 %. Повышение точности формирования амплитуды импульсов до 1 % снижает погрешность измерений до 2 % на магнитотвердом образце и 1,5 % на магнитомягком образце.

Формирование импульсов магнитного поля посредством заряда-разряда батареи конденсаторов через соленоид не обеспечивает высокую точность формирования импульсов, существенно отличающихся по амплитуде. Это связано с тем, что установление требуемой амплитуды импульсов основано на сравнении напряжения заряда батареи конденсаторов с заданным уровнем напряжения, а точность сравнения зависит от абсолютных значений этих величин.

Помимо точности сравнения соответствующих уровней напряжения точность заряда батареи конденсатора определяется и величиной зарядного тока, влияющего на превышение требуемого уровня напряжения заряда с момента срабатывания блока сравнения до прекращения тока заряда.

В предлагаемом асфальтоукладчике рабочий орган, включающий раму с шарнирной связью и винтовым регулятором для соединения с тяговыми брусками асфальтоукладчика, имеет шарнирно присоединенную к раме двухсекционную уплотняющую плиту с генератором колебаний в передней её части и упругой подвеской в задней. Каждая секция уплотняющей плиты выполнена в виде цилиндра по его длине. Шарнирное соединение плиты и рамы расположено в средней части плиты между генератором колебаний и упругой подвеской, выполненной в виде горизонтальной ресоры. При этом длина задней секции плиты превышает длину передней, а место их соединения расположено у шарнира соединения плиты с рамой. Генератор колебаний обеспечивает изменение частоты и амплитуды колебаний, а также может перемещаться вдоль плиты. Изменяя частоту вращения, регулируют частоту колебаний плиты, а выбором длины и формы сферических участков – обеспечивают необходимую амплитуду. Подбором соотношений длин секций можно обеспечить уплотнение асфальтобетонной смеси передней частью плиты в виброударном, а задней – в вибрационном режиме. По мере уплотнения слоя, площадь контакта выпуклых поверхностей со слоем асфальтобетонной смеси стремится к линии, что увеличивает удельное давление под рабочим органом, а значит и увеличивает степень уплотнения. Такой рабочий орган обеспечивает повышение эффективности уплотнения за счёт одновременного использования различных амплитуд колебаний. Кроме того, снижается энергоемкость процесса за счёт уплотнения двумя поверхностями от одного генератора, а подбор рационального соотношения частоты и амплитуды секций может увеличить производительность. Такая конструкция уплотняющего рабочего органа реализует более сложный, по сравнению с трамбующим брусом, вид нагружения. Благодаря криволинейной поверхности воздействие на частицы уплотняемого материала осуществляется не только в вертикальном направлении, но и с небольшим продольным смещением. В результате формируется более компактная структура слоя асфальтобетона. Это позволяет достичь коэффициента уплотнения 0,92...0,94.

Таким образом, предлагаемый уплотнительный рабочий орган асфальтоукладчика принципиально отличается от известных конструкций тем, что реализует сложный вид нагружения уплотняемого материала, сочетая вертикальное силовое воздействие на слой асфальтобетонной смеси со знакопеременным горизонтальным воздействием, обеспечивает получение компактной, высокопрочной, сдвигоустойчивой структуры асфальтобетона при минимальном использовании дополнительных средств уплотнения, а именно дорожных катков.

УДК 634.377
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ
ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ОСВОЕНИИ
ТРУДНОДОСТУПНОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА

С.Н. ПИЦОВ, А.Р. ГОРОНОВСКИЙ, В.В. ХАЙНОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Труднодоступный лесосечный фонд в Республике Беларусь составляет более 30 % от общего объема заготавливаемой древесины. В связи с наметившейся тенденцией перехода отечественных лесозаготовительных предприятий на применение технологий с использованием колесной техники по первичной транспортировке древесины, эффективное освоение труднодоступных лесосек требует внедрения новых решений для повышения показателей тягово-сцепных свойств и проходимости.

Современные лесные погрузочно-транспортные машины имеют шарнирно-сочлененную раму, наличие которой в сочетании с двигателями в виде балансирных тележек и шинами низкого давления позволяет отказаться от применения эластичной индивидуальной подвески каждой оси. Горизонтальный шарнир рамы с углом качания в продольной плоскости позволяет форвардерам успешно преодолевать участки сложного лесного рельефа без существенного изменения сцепного веса на колесах левого и правого бортов. В настоящее время, наибольшее распространение получили погрузочно-транспортные машины 6К6 и 8К8. Фирма Ponsse (Финляндия) разработала форвардер с колесной формулой 10К8.

Основными показателями тягово-сцепных свойств при движении по почвогрунтам со слабой несущей способностью являются силы сопротивления движению, буксование двигателя, касательная сила тяги и тяговая мощность. Значительное влияние на перечисленные показатели оказывают тип и параметры трансмиссии лесной машины. В настоящее время, машиностроительные предприятия, занимающиеся выпуском лесной техники, устанавливают на машины гидромеханические и гидростатические трансмиссии с возможностью принудительной блокировки межосевых и межколесных дифференциалов. Данный тип трансмиссии применяется с целью снижения повреждаемости опорной поверхности пути. Преимуществом гидромеханических силовых передач является бесступенчатое и плавное изменение касательной силы тяги двигателя в зависимости от типа почвогрунта, на котором эксплуатируется машина. Также снижается количество передач, что облегчает работу оператора. Отечественными предпри-

УДК 833.06
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СТЕНДА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ШЛЕМА ПОЖАРНОГО

С.Д. МАКАРЕВИЧ, М.М. ФОМЧЕНКО
Учреждения
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ» НПЦ
Могилев, Беларусь

Вопрос обеспечения безопасности персонала при производстве работ в различных отраслях народного хозяйства имеет большое значение. Одним из таких элементов защиты является шлем пожарного.

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют комплексные средства испытания шлемов пожарных.

В докладе предложена конструкция стенда и контрольно-измерительная аппаратура для проведения комплексных динамических испытаний шлемов пожарных в соответствии с ГОСТ 30694-2000 «Шлем пожарного». Общие технические требования и методы испытаний.

Испытательный стенд представляет собой устройство для ударных испытаний объектов на прочность, который способен воспроизводить одиночные ударные импульсы. Конструкция позволяет регулировать величину приложенной силы к объекту испытания. Разработана оригинальная схема управления электроприводом, установленного на испытательном стенде, которая позволяет автоматизировать процесс испытания.

В качестве измерительного преобразователя для фиксации мгновенной ударной силы используется трехкоординатный пьезоэлектрический ИСР-акселерометр, который фиксирует приложенную силу в трех ортогональных направлениях. На основе этих данных можно вычислить результирующую силу, что повышает достоверность измерения.

В отличие от остальных стендов данная конструкция позволяет устанавливать преобразователь непосредственно в макет головы человека, на который надевается шлем. В результате отсутствует вероятность запутывания проводов, обеспечивается высокая точность измерения за счет надежной фиксации преобразователя.

Устройство измерения скорости перемещения ударника реализуется с помощью волоконно-оптического преобразователя, так как он наиболее простой и недорогой в реализации, имеет высокую точность и слабую зависимость результатов измерений от вибраций в зоне измерений, большое быстродействие, не требует контакта с объектом измерения.

Для обработки результатов измерения применяется плата цифрового осциллографа, которая подключается к персональному компьютеру. Это позволяет представлять измерительную информацию в графическом виде.

А.П. МАГИЛИНСКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Для выявления не видимых невооруженным глазом дефектов поверхности материалов как технологического происхождения, так и возникающих в процессе эксплуатации, применяют магнитную, капиллярную и радиоактивную газо-сорбционную дефектоскопию. Среди магнитных методов контроля наибольшее применение нашел магнитопорошковый метод контроля, но данный метод можно применить для контроля только ферромагнитных материалов. Капиллярный контроль самый доступный и эффективный метод обнаружения поверхностных дефектов в условиях производства и ремонта оборудования. С помощью капиллярного контроля можно обнаружить на поверхности трещины раскрытием до 0,5 мкм. Но этот метод имеет свои недостатки. Это большая трудоемкость, многооперационность и высокая доля ручного труда по сравнению с другими методами.

Для контроля на наличие поверхностных дефектов применяют также радиоактивную газо-сорбционную дефектоскопию (РГД). Сущность метода РГД поверхностного слоя материала (изделия) состоит в использовании способности газа сорбироваться в дефектах и обнаруживать себя в результате присутствия в составе газа радиоактивных инертных газов. Метод РГД основан на сорбции и конденсации газов, т. е. их поглощение твердым телом. В качестве индикаторного газа применяют радиоактивный криптон-85. Наличие криптона-85 в трещинах, порах и других дефектах может быть обнаружено в результате регистрации бета-излучения с использованием высокочувствительных к бета-излучению рентгеновских пленок и ядерных эмульсий. Непосредственной областью применения РГД является контроль нарушений сплошности поверхности деталей, а также нарушений структуры материала поверхностного слоя. РГД используют для контроля особо ответственных деталей как при их производстве, так и в процессе испытания и эксплуатации изделий, для обнаружения мельчайших нарушений сплошности поверхности деталей, в том числе усталостных субмикротрещин, трещин, закрытых остаточными напряжениями, а также для выявления микротрещин, полости которых заполнены окислами и другими неудаляемыми окислами.

В докладе приведен сравнительный анализ методов, их достоинства, недостатки и область применения.

ятиями налажен выпуск таких машин, среди которых можно выделить форвардеры МЛПТ-364, Амкодор 2661. Погрузочно-транспортная машина 8К8 Амкодор 2681 снабжена гидростатической трансмиссией.

Высокие требования при движении по заболоченным лесосекам предъявляются к параметрам движителя лесных машин. Широкое применение, в настоящее время, нашли движители в виде tandemных балансирных тележек, которые, в сравнении с одиночными колесами имеют большую площадь контакта с опорной поверхностью, что приводит к снижению давления на почвогрунт. Преимуществом машин с движителями в виде балансирных тележек является возможность применения легкоосъемных металлических гусениц, позволяющих повысить значения развиваемых касательных сил тяги со снижением буксования, от которого зависит интенсивность колееобразования. Применение гусениц на колесных машинах позволяет в зависимости от почвенно-грунтовых условий эксплуатировать машину с колесным или комбинированным типами движителя.

Эксплуатационная масса современных форвардеров 6К6 и 8К8 находится в пределах 10–22,8 т, а их грузоподъемность изменяется от 9,0 до 20,0 т. На форвардерах устанавливают дизельные двигатели внутреннего сгорания мощностью 86–180 кВт в зависимости от условий эксплуатации. Максимальное тяговое усилие, развиваемое погрузочно-транспортными машинами, составляет 110–260 кН. Данные машины имеют удельную мощность и тяговое усилие, значения которых находятся в диапазоне 4,1–5,9 кВт/т и 4,7–6,5 кН/т соответственно. Отношение максимальной грузоподъемности к собственной массе у отечественных и зарубежных форвардеров находится в пределах 0,71–1,10.

Значения минимального дорожного просвета (клиренса) у отечественных и зарубежных погрузочно-транспортных машин находится в пределах 500–650 мм. Данные значения ограничены необходимостью обеспечения требуемых показателей устойчивости и проходимости.

Максимальная скорость движения современных лесных погрузочно-транспортных машин составляет 26–35 км/ч, что обусловлено возможностью транспортировки сортиментов по улучшенным дорогам на склад к потребителю. При движении по трелевочному волоку из-за динамических реакций, обусловленных высотой и характером распределения неровностей микропрофиля, скорость составляет 3–6 км/ч.

Значения геометрических параметров погрузочно-транспортных машин составляют для продольной базы 4,6–5,3 м, ширины – 2,46–3,35 м, высоты – 3,41–3,97 м. Расстояние между осями колес балансирной тележки находится в пределах 1,433–1,5 м.

Анализ конструктивных особенностей шасси отечественных погрузочно-транспортных машин показал, они могут успешно эксплуатироваться при освоении труднодоступного лесосечного фонда.

Н.Д. ПОЛХОВСКИЙ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»

Горки, Беларусь

В современных условиях к дизельным двигателям предъявляются высокие требования надежности. Для обеспечения необходимой степени надежности дизелей постоянно происходит усовершенствование всех систем двигателя (питания, смазки и т.д.).

Доказано, что от качества моторного масла на 80–90 % зависит ресурс двигателей внутреннего сгорания. Именно оно обеспечивает штатный режим трения в соединениях деталей. При эксплуатации дизелей происходит воздействие множества вредных факторов, резко ухудшающих характеристики моторного масла, поэтому залитое в двигатель хорошее масло – еще не гарантия, что оно остается таким же до очередной его замены по пробегу или календарным срокам. Результатами применения некачественного моторного масла является ускоренное изнашивание высоконагруженных соединений деталей газораспределительного и кривошипно-шатунного механизмов, многих других деталей. Поэтому становится очевидным, что для обеспечения безотказной работы двигателей необходимо применять средства и методы диагностирования показателей качества работающего моторного масла.

Основными наиболее информативными показателями работоспособности моторного масла являются: вязкость масла, степень загрязнения, диспергирующе-стабилизирующие свойства, концентрация охлаждающей жидкости, концентрация топлива, щелочное число.

При штатном функционировании дизеля, моторное масло изменяет свои показатели постепенно. При аварийных ситуациях, таких как попадание большого количества охлаждающей жидкости или топлива, происходит быстрый скачок ухудшения качества моторного масла.

Вязкость моторного масла является базовой характеристикой масла, она во многом зависит от степени загрязнения масла нерастворимыми продуктами и топливом, а также от его диспергирующе-стабилизирующих свойств.

Моторные масла при загрязнении охлаждающей жидкости утрачивают два основных свойства – способность обеспечивать низкий коэффициент трения и высокую несущую способность масляной пленки.

денные экспериментальные исследования показали, что наиболее пригодными первичными преобразователями для определения влажности являются резонаторные, различные модификации которых известны и используются на практике в настоящее время. При этом глубина проникновения электромагнитной волны в контролируемый материал для различных резонаторных преобразователей в микроволновом диапазоне находится в пределах от единиц миллиметров до нескольких сантиметров.

Для выбранного частотного диапазона были разработаны и созданы несколько резонаторных преобразователей: на основе четвертьволнового коаксиального резонатора; на основе четвертьволнового микрополоскового отрезка и двух микрополосковых ответвителей; на основе плоского кольцевого резонатора, расположенного на диэлектрической подложке; на основе полосковой линии и диэлектрического цилиндрического резонатора. С помощью векторного анализатора цепей Agilent E5071B были определены их технические характеристики и проведены экспериментальные исследования для определения возможностей измерения влажности бетонов различных марок. При проведении исследований использовались тяжелые бетоны плотностью 2,2–2,5 г/см³ на основе плотных природных заполнителей; легкие бетоны плотностью 1,0–1,8 г/см³ на основе различных пористых заполнителей; бетоны ячеистые с плотностью 0,4–1,0 г/см³. Для проведения исследований были созданы образцы бетонов размерами 100×100×h мм, где h – высота, которая была равна 20; 40; 60; 80 и 100 мм. Экспериментальным путем были определены диапазоны измерения влажности для различных марок бетонов. Резонансные частоты для созданных ненагруженных преобразователей были равны: на основе четвертьволнового микрополоскового отрезка длиной 64 мм, расположенного на подложке с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=4,3$ – $f=1,67$ ГГц; на основе четвертьволнового коаксиального резонатора длиной 38 мм – $f=1,707$ ГГц; на основе плоского кольцевого резонатора диаметром 55 мм, расположенного на подложке с $\epsilon=10$ – $f=2,7$ ГГц; на основе полосковой линии и диэлектрического резонатора диаметром 31 мм и толщиной 6 мм – $f=2,6$ ГГц. При установке преобразователя на (сухой) бетонный образец уменьшается резонансная частота и амплитуда резонансного пика по сравнению с ненагруженным преобразователем. При изменении плотности бетона (для конкретной марки в пределах технических требований) происходит только смещение резонансной частоты в небольших пределах, при этом амплитуда пика не изменяется. При установке преобразователя на влажный бетонный блок происходит значительное уменьшение и резонансной частоты, и амплитуды резонансного пика. Для всех созданных преобразователей были измерены значения смещения резонансной частоты и их амплитуд в диапазоне контроля влажности, а также определены глубины проникновения электромагнитной волны в зависимости от марки бетона и величины влажности.

УДК 621.317
СОЗДАНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.В. ЛЮБЕЦКИЙ, В.А. МИХНЕВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Измерение влажности строительных материалов и конструкций является актуальной задачей как при их изготовлении в соответствии с требованиями технологических процессов, так и в период строительства и эксплуатации для обеспечения высокого качества, надежности и долговечности. При этом необходим оперативный неразрушающий контроль влажности строительной конструкции, что позволяет сократить сроки строительства при соответствующем качестве. Средства измерения влажности строительных материалов и конструкций в настоящее время импортируются из европейских стран и России.

Задача измерения влажности строительных материалов и конструкций осложнена, во-первых, большим ассортиментом строительных материалов, а во-вторых, контроль необходимо осуществлять на фоне большого числа мешающих факторов: солёности воды, непостоянства плотности и состава материала, в том числе в режиме движущегося потока, на различных глубинах и т.д. В настоящее время, как показал анализ, серийно выпускаются и широко используются емкостные влагомеры. Основной их недостаток состоит в том, что они контролируют только приповерхностную влагу, а на точность измерений оказывает сильное влияние изменение плотности и состава материала. Эти недостатки могут быть устранены при использовании микроволновых методов и устройств с усовершенствованными сменными первичными преобразователями. При этом в микроволновом диапазоне засолённость воды в меньшей степени оказывает влияние на информационные параметры.

Для создания портативного унифицированного влагомера строительных материалов и конструкций необходимо разработать универсальный приемно-передающий блок с микропроцессорным устройством для калибровки, хранения и обработки полученных данных. Также необходимо создать ряд сменных первичных микроволновых преобразовательных, способных осуществлять зондирование на различных глубинах, быть инвариантными к изменению плотности контролируемых материалов и учитывать температуру окружающей среды. Использование нескольких сменных первичных преобразователей при одном приемно-передающем блоке позволит значительно расширить как номенклатуру контролируемых материалов, так и функциональные возможности микроволнового влагомера. Прове-

Загрязнение дизельным топливом моторного масла способно привести к полной утрате последним основных свойств, нейтрализующих (антиокислительных и антикоррозионных), а также разжижает его.

Нейтрализующие свойства масла ухудшаются под воздействием тяжелых фракций топлива. При этом легкие фракции под воздействием температуры рабочего процесса двигателя испаряются, а тяжелые накапливаются в масле.

В результате ухудшения антиокислительных и антикоррозионных свойств масла происходит увеличение интенсивности образования нерастворимых продуктов, сокращение индукционного периода образования осадка.

Щелочное число моторного масла показывает степень срабатывания присадок.

Периодический контроль перечисленных показателей позволит проводить замену работающих моторных масел по их фактическому состоянию с учетом условий эксплуатации. При аварийных ситуациях – своевременно информировать о неисправности систем двигателя, тем самым предупреждать повышенный износ его деталей.

Таким образом, в настоящее время идет активный поиск метода для контроля работоспособности моторного масла в работающих автотракторных двигателях, который сможет дать достоверную информацию о качестве масла. Средства контроля, основанные на данном методе, будут устанавливаться непосредственно на двигателях, что позволит постоянно в процессе эксплуатации следить за состоянием качества моторного масла.

УДК 658.512.011
АНАЛИЗ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МАЛОГАБАРИТНОГО
ПОГРУЗЧИКА «АМКОДОР 211»

В.Б. ПОПОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им.П.О.Сухого»
Гомель, Беларусь

Проектируемые зарубежными фирмами малогабаритные погрузчики успешно механизмируют ручной труд в условиях ограниченного пространства: на строительных площадках, внутри складских помещений, а также когда использование специальной техники нецелесообразно. Разработанный ОАО «Амкодор» малогабаритный погрузчик с бортовым поворотом «Амкодор 211» и с набором машин и орудий относится к вышеупомянутым малогабаритным погрузчикам. Он предназначен для механизации небольших по объёму работ, выполняемых как в обычных, так и в стесненных условиях работы: погрузочно-разгрузочных, по очистке и обустройству территории, прокладке коммуникаций, посадке зеленых насаждений и уходу за ними, ремонту дорог и зданий.

Постоянно изменяемая номенклатура сменного рабочего оборудования при агрегатировании с погрузчиком конкретного рабочего орудия, часто требует анализа возможности его подъема и обеспечения при этом управляемости мобильного агрегата.

Возможность агрегатирования «Амкодор 211» с навесными машинами и орудиями, как отечественного, так и импортного производства, определяется грузоподъемностью его подъемно-навесного устройства (ПНУ). ПНУ погрузчика состоит из нерегулируемого объемного гидропривода, гидроцилиндры которого двигают, расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии погрузчика, механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ), на которой жестко крепится рабочая машина или орудие.

Структурный анализ механизмов показывает, что в проекции на продольную плоскость симметрии погрузчика МПС представляет собой неподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой. Справа и слева на стреле шарнирно закреплены два МПТ, включающие два гидроцилиндра, соединенные одним концом со стрелой, а другим непосредственно с траверсой. На плоскости МПТ идентифицируется неподвижный четырехзвенник. Гидропривод ПНУ, связанный с МПС или МПТ через силовой гидроцилиндр, состоит из: шестеренного гидронасоса, трехпозиционного гидрораспределителя, силового одностороннего гидроцилиндра, фильтра,

128 – опасная степень загрязнения; $Z_c > 128$ – чрезвычайно опасная степень загрязнения.

Фоновые значения содержания элементов в грунтах и почвах (с_{0i}) приводятся в экологических бюллетенях «Состояние природной среды Беларуси» Национальной академии наук и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Оценка состояния почв и грунтов по биохимическому критерию – использование растений как интегрального показателя содержания элементов в почвах, грунтах и в горных породах приповерхностной части атмосферы. К примеру, морфологические изменения у березы и ольхи указывают на повышенное содержание урана и тория, желтые листья с зелеными прожилками отмечают высокое содержание хрома и т.д.

К показателям экологического состояния почв и грунтов селитебных территорий относятся показатели биологического загрязнения – число патогенных микроорганизмов, коли-титр и содержание яиц гельминтов.

Оценка состояния поверхностных вод по санитарно-гигиеническому критерию проводится на основании лабораторных данных по качеству воды. Для каждого контроля створа производится расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ) по «Методическим рекомендациям формализованной комплексной оценке качества поверхностей и морских вод по гидромеханическим показателям».

Качество воды определяется в зависимости от класса ее загрязненности: 1 кл – очень чистая, ИЗВ < 0,3; 2 кл – чистая, ИЗВ = 0,3–1; 3 кл – умеренно загрязненная, ИЗВ = 1–2,5; 4 кл – загрязненная, ИЗВ = 2,5–4; 5 кл – грязная, ИЗВ = 4–6; 6 кл – очень грязная, ИЗВ = 6–10; 7 кл – чрезвычайно грязная, ИЗВ > 10.

Оценка качества вод питьевого назначения проводится на основании величин ПДК по санитарно-токсикологическому признаку в соответствии с СанПин 2.1.4.10-32-2002.

Необходимо учитывать влияние производственных объектов, расположенных на территории, на санитарное состояние водоемов: объем сброса сточных вод и степень их загрязнения: состав и объем поверхностного стока; наличие очистных сооружений.

Критерии оценки степени загрязнения подземных вод в зоне влияния хозяйственных объектов определяются по следующим показателям: содержание загрязненных веществ (тяжелые металлы, нитраты, фенолы, СПАВы, нефть), наличие канцерогенов и хлорорганических соединений, площадь области загрязнения, минерализация.

Р.И. ЛЕНКЕВИЧ., В.В. ГРИШАНОВИЧ., А.В. КУРНОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Оценка состояния территории по степени благоприятности для строительства в результате инженерно-экологических изысканий должна содержать характеристики состояния почв, грунтов, водных объектов, подземных вод, растительности.

Эту оценку целесообразно проводить используя три направления: санитарно-гигиеническое, базирующееся на величинах нормативных ПДК; геохимическое, оперирующее величинами Кларков концентраций, фоновых величин, суммарных величин токсикантов и т.д.; биохимическое – оценка растительности как показателя содержания токсичных элементов в почвах.

При оценке почв и грунтов по санитарно-гигиеническому критерию используются ПДК, которые базируются на гигиеническом нормировании по показателям вредности. Они включают серию показателей: транслокационный, который лимитирует переход нормируемого элемента в растение, миграционный водный – нормирующий поступление элементов в воздух; общесанитарный – оценивающий самоочищающую способность почв. В зависимости от того, какие из этих показателей соответствуют нормам, можно определить приемлемый объект для строительства; жилой дом, общественное или промышленное здание, с/х комплекс и т.д.

Для оценки состояния почв и грунтов следует также учитывать такие показатели загрязняющих веществ как токсичность, персистентность (способность химических веществ сохранять свои свойства), способность к миграции.

Оценка геохимического состояния почв и грунтов определяет очаги техногенного загрязнения, которые представляют собой избыточную концентрацию не одного, а целого комплекса элементов. Химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{c_i - c_{\phi i}}{c_{\phi i}} = \sum_{i=1}^n (k_{ki} - 1),$$

где c_i – содержание элементов в пробе, $c_{\phi i}$ – фоновое содержание элементов, мг/кг; k_{ki} – коэффициент концентрации относительно фона; n – количество элементов в пробе с величиной $k_{ki} > 2$; $Z_c < 16$ – допустимая степень загрязнения; $Z_c = 16-32$ – умеренно опасная степень загрязнения; $Z_c = 32-$

бака, предохранительного клапана, регулируемого дросселя и гидромагистрالي. Регулируемый дроссель в сливной магистрالي обеспечивает ограничение скорости движения поршня в гидроцилиндре, и соответственно, скорость опускания навесного рабочего орудия.

Математическая модель гидропривода ПНУ с переменной нагрузкой на силовых гидроцилиндрах представляет собой систему дифференциальных уравнений, решение которой определяет закон движения поршня. Для большей части времени подъема навесного рабочего орудия характерен установившийся режим подъема стрелы. Грузоподъемность ПНУ при этом пропорциональна величине установившегося давления в гидроцилиндре МПС со стороны нагнетающей магистрالي. Влияние МПС и МПТ на изменение координат центра тяжести рабочего орудия связано с изменением независимых друг от друга двух обобщенных координат. Причем первая изменяет положение оси подвеса стрелы относительно корпуса погрузчика, а вторая – положение траверсы относительно оси подвеса стрелы. Достаточно часто, в приведенной к штоку гидроцилиндра нагрузке, не учитывают возникающие в момент начала подъема силы инерции. Анализ процесса подъема показывает, что для ПНУ погрузчика, с одной стороны, невозможно пренебречь массой стрелы, а с другой – можно не учитывать силы инерции звеньев МПС и МПТ вследствие относительной краткости переходного процесса в нагруженном гидроприводе и относительной тихоходности МПС. С учетом принятых допущений, получим уравнение установившегося движения нагруженного поршня силового гидроцилиндра:

$$m_{oi} \cdot g \cdot I_{S9} + m_{n\ddot{o}o} \cdot g \cdot I_{S3} = 2 \cdot F_{\ddot{o}o}^{max} \cdot \eta_{i\ddot{i}n} \quad , \quad (1)$$

где $m_{oi}, m_{n\ddot{o}o}$ – массы рабочего органа и стрелы; I_{S9}, I_{S3} – аналоги вертикальной скорости характерных точек – центров тяжести рабочего орудия и стрелы ПНУ.

КПД ($\eta_{i\ddot{i}n}$) МПС при этом считается заданным. Поскольку аналоги вертикальных скоростей характерных точек изменяются в зависимости от текущего положения звеньев МПС и МПТ, то и грузоподъемность ПНУ – $G(S, S_8)$ в диапазоне изменения обобщенных координат (S, S_8), как это следует из уравнения (1), будет величиной переменной:

$$G(S, S_8) = \frac{2 \cdot p_{\ddot{r}u}^{max} \cdot F_u \cdot \eta_{i\ddot{i}n}}{g \cdot \left[I_{S9}(S, S_8) + I_{S3}(S) \cdot \frac{m_{c\ddot{p}}}{m_{\ddot{p}o}} \right]} \quad . \quad (2)$$

В положении наибольшего удаления центра тяжести рабочего орудия от оси заднего моста - X_{S9}^{max} опрокидывающий момент, создаваемый весом рабочего орудия, приобретает максимальное значение. По аналогии с машинно-тракторным агрегатом принято, что для эффективного управления движением мобильного агрегата часть его веса, приходящаяся на задний

(управляемый) мост, должна составлять не менее 20 %. Составив уравнение моментов сил, действующих относительно опорного колеса, и разрешив его относительно реакции на управляемом колесе $-R_B$, вместе с упомянутым выше ограничением, получим систему, состоящую из уравнения и неравенства:

$$\begin{cases} R_B = \frac{P_I \cdot (L - b) - P_{dt} \cdot (X_{S9}^{\max} - L)}{L}, \\ R_B \geq 0,2 \cdot (P_I + P_{dt}) \end{cases}, \quad (3)$$

где P_I, P_{dt} – вес погрузчика и рабочего орудия; L – база погрузчика; b – расстояние от центра тяжести погрузчика до моста управляемых колес.

В результате решения системы, получим условие управляемости агрегата, налагающее ограничение на массу навешиваемого рабочего орудия:

$$m_{po} \leq \frac{P_{II} \cdot (4L - 5b)}{g \cdot (5X_{S9}^{\max} - 4L)}. \quad (4)$$

Следует отметить тот факт, что рабочее орудие, имеющее с позиций грузоподъемности ПНУ относительно небольшую массу, в процессе подъема может нарушить управляемость мобильного агрегата. Навесоспособность мобильного агрегата всегда меньше грузоподъемности ПНУ, поскольку она ограничивается требованием управляемости мобильного агрегата.

Грузоподъемность малогабаритного погрузчика определяется: параметрами гидропривода ПНУ; величиной аналогов вертикальных скоростей характерных точек МПС и МПТ; массово-геометрическими параметрами мобильного агрегата и его развесовкой.

В результате можно констатировать, что грузоподъемность малогабаритного погрузчика «Амкодор 211» определяется грузоподъемностью ПНУ и ограничивается управляемостью мобильного агрегата.

Конструкция чувствительного элемента следующая. Измерительный объем, имеющий вход и выход для газового потока, представляет собой тороидально изогнутую трубку из немагнитного материала, на внешней поверхности которой закреплена кольцеобразная полоса ферромагнетика – металлического стекла. На этой полоске в виде плотно упакованных витков расположено оптическое волокно, жестко закрепленное цианоакрилатом. Поверх этой конструкции намотана электрическая катушка для формирования постоянного магнитного поля во внутреннем объеме тора. Внутренний радиус тора выбирался таким, чтобы неоднородность магнитного поля в объеме тора не превышала 10 %.

Предлагаемая схема датчика позволяет получать измеряемую информацию от различных точек волоконно-оптического тракта. Это достигается путем использования метода спектрального мультиплексирования, когда рециркуляция в волоконно-оптической системе осуществляется на различных длинах волн. Волоконно-оптический тракт разделен на секции волоконными брэгговскими решетками (ВБР), играющими роль селективных спектральных отражателей. Период каждой решетки подбирается таким образом, что отражение происходит только на определенной длине волны. Проведенные расчеты показали, что для резонансной длины волны отражения $\lambda_0 = 1550$ нм; длины решетки 10 мм; амплитуды модуляции наведенного показателя преломления $\Delta n = 10^{-4}$; диаметра сердцевины волокна $d_{\text{в}} = 9$ мкм; ширина спектра отражения ВБР составляет 0,25 нм по основанию, а коэффициент отражения равняется 0,92.

В качестве источника излучения используется перестраиваемый кольцевой волоконный лазер. Лазер имеет однонаправленную кольцевую архитектуру, включающую в себя оптический изолятор, направленный ответвитель, легированное эрбием волокно, накачка которого осуществляется диодным лазером с длиной волны 980 нм. Перестраиваемый полосовой фильтр используется в качестве внутрирезонаторного сканирующего фильтра, имеющий полосу пропускания 0,27 нм по уровню 3 дБ и спектральную ширину области перестройки 58 нм. В результате, длину волны излучения лазера можно перестраивать в диапазоне 40 нм в пределах длин волн от 1525 нм до 1565 нм. Таким образом, предлагаемая конструкция квазираспределенного датчика позволяет получать информацию от более чем 100 точек измерения по одному волоконно-оптическому тракту. При этом, такое устройство позволяет определять относительную концентрацию кислорода в газовой смеси на уровне единиц процентов при комнатной температуре.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Ф09-094).

М.А. КСЕНОФОНТОВ, А.В. ПОЛЯКОВ, В.С. ВАСИЛЬЕВА
Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. А.Н.Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

Разработка методов определения физических параметров и соответствующих приборов является одним из важнейших направлений развития измерительной техники на современном этапе. В данной работе показан новый метод определения концентрации кислорода с использованием оптоволоконных датчиков.

В основе принципа измерений лежит такое специфическое свойство газообразного кислорода, как парамагнетизм, поскольку именно кислород среди всех газов обладает наибольшей парамагнитной восприимчивостью. Физическая сущность парамагнетизма кислорода состоит в том, что молекула кислорода в свободном состоянии обладает постоянным магнитным моментом P_m , не зависящим от внешнего магнитного поля H . Если некоторый объем V , заполненный O_2 , поместить в постоянное магнитное поле H_0 , произойдет его намагничивание, вследствие чего действующее поле H_0 изменится на ΔH . В результате, деформация магнитострикционного материала, помещенного в это поле, преобразовывается в деформацию жестко связанного с ним оптического волокна. Изменение оптического пути светового потока приводит к изменению частоты рециркуляции одиночного импульса в замкнутом оптоэлектронном контуре, которое регистрируется достаточно просто и с высокой точностью. Проведенные исследования показали, что наиболее предпочтительным магнитным материалом является аморфный ферромагнетик на основе сплава $Fe_{1-x-y}B_xS_y$ (получивший название «металлическое стекло»). Оптимальная геометрическая форма магнитострикционного элемента – тонкая узкая полоска, квадрат длины которой L_m^2 существенно превосходит площадь ее поперечного сечения S_m .

Отклик на присутствие кислорода в измерительном объеме сопряженной подсистемы элемент – волокно в линейном приближении по ΔH можно представить в виде: $\Delta I \approx 2CH_0\Delta H(N_0, \theta)$, где C – эффективная константа магнитострикции подсистемы, учитывающая свойства собственно ферромагнетика, его форма и механической нагруженности из-за сопряжения с волокном, эффективность передачи деформации, а ΔH является функцией концентрации N_0 и температуры кислорода θ .

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

При адаптивном автоматическом управлении гидромеханической передачей (ГМП) мобильной машины основные задачи управления (переключение передач и блокирование гидротрансформатора) осуществляет мехатронная система на основе характеристик и законов управления, которые определяются из условий обеспечения высоких показателей эффективности выполнения транспортной работы во всем диапазоне изменения эксплуатационных условий машины.

Разработана методика получения характеристик адаптивного управления, основанная на исследовании базовых характеристик управления $v_k = f(\gamma_a)$, ($0 \leq \gamma_a \leq 1$), где v_k – скорость, соответствующая оптимальным условиям формирования сигналов управления по критериям динамичности разгона машины и топливной экономичности, а γ_a – положение педали акселератора в различных дорожных условиях, характеризуемая продольным уклоном дороги h и различной величиной полезной нагрузки. Обоснование выбора необходимого и достаточного количества информационных переменных предложено производить путем корреляционного анализа результатов исследования.

По результатам анализа выбраны основные информационные переменные адаптивного алгоритма, которые являются факторами многомерных регрессионных моделей. Например, для гусеничной машины двойного назначения ГМ-352 регрессионные модели многомерных оптимальных по критерию экономичности характеристик управления имеют вид:

$$v_{3(i \rightarrow i+1)} = b_{i0}^{**} + b_{i1}^{**}a + b_{i2}^{**}\gamma_a,$$

а для городского автобуса ЛиАЗ-5256 модели характеристик блокирования гидротрансформатора (ГТ) по критерию экономичности имеют вид:

$$v_{3(i \rightarrow iБл)} = b_{i0}^{**} + b_{i1}^{**}a + b_{i2}^{**}\gamma_a + b_{i3}^{**}h + b_{i4}^{**}K_{нагр},$$

где $K_{нагр}$ – коэффициент полезной нагрузки.

Полученные модели адекватны и работоспособны. Проверка произведена по критерию Фишера и коэффициенту детерминации.

Задача адаптации полученных характеристик управления к реальным условиям и режимам движения машины заключалась в локализации области изменения их параметров и формировании математического описания характеристик для построения алгоритма управления. Для этого установ-

лены пределы возможных и целесообразных изменений информационных переменных и параметров v_k характеристик управления. При этом принимались во внимание следующие факторы: переключение на высшую передачу осуществляется только при положительном ускорении; при $\gamma_a < 0,5$ оптимальных характеристик управления не существует; должны исключаться неустойчивые режимы работы двигателя. При блокировании ГТ, в отличие от переключения передач, возникает дополнительное ограничение на параметры характеристик управления, обусловленное существенным падением частоты вращения вала двигателя после блокирования ГТ. В результате возникает необходимость ограничения диапазона скоростей, в котором допустимо блокирование ГТ. Учет перечисленных факторов позволил сформировать для всех вариантов переключений передач и блокирования ГТ многомерные характеристики, адаптированные к реальным условиям движения, и синтезировать алгоритм управления ГМП.

Реализация алгоритма управления осуществлена на основе микропроцессорной системы. Электронный блок управления ГМП в дискретные моменты времени с интервалом 0,01 с осуществляет опрос датчиков, считывание их сигналов и определение значений информационных переменных. Используя эти значения и базу данных, микропроцессор осуществляет вычисление параметров характеристик переключения передач и блокирования ГТ. Сравнивая значения этих параметров со значением скорости машины и осуществляя логические операции проверки наличия условий, при которых необходимо осуществлять управление ГМП, микропроцессорный блок формирует соответствующие управляющие сигналы. Они могут формироваться только при отсутствии запрещающих сигналов, обусловленных включением стояночного или рабочего тормоза; поворотом руля на угол, больше предельного и др. Характеристики управления чувствительны к изменению γ_a , поэтому, когда водитель желает снизить скорость движения машины путем уменьшения γ_a , в программе алгоритма могут сложиться условия для включения высшей передачи. В связи с этим при формировании сигнала управления на переключение передач учитывается интенсивность сброса педали акселератора $\dot{\gamma}_a$.

Проверка функциональной работоспособности и оценка эффективности разработанного алгоритма адаптивного управления ГМП проведена на основе полунатурного эксперимента, при котором электронный блок управления функционировал в режиме реального времени, а движение машины по маршруту моделировалось на ЭВМ. Установлено, что адаптивное управление позволяет повысить среднюю скорость движения машины на 5 – 7 % и снизить путевой расход топлива на 3 – 5% в сравнении с программным автоматическим управлением.

Табл. 1. Значения y – составляющей индукции магнитного поля B_y (мТл)

x, мм	-24	-18	-12	-6	0	6	12	18	24
a	0.1	-4.7	-12.9	-26.2	-34.2	-26.3	-12.9	-4.8	0
b	0.2	-3.1	-6.6	-9.8	-11.2	-9.9	-6.7	-3.2	0
c	0.3	-1.4	-2.9	-4	-4.4	-4.1	-3	-1.6	0
a*	0.4	-15.6	-42.9	-82.5	-114	-87.5	-43.1	-15.9	0
b*	0.8	-10.3	-22.1	-32.8	-37.4	-32.9	-22.4	-10.8	0
c*	1	-4.6	-9.7	-13.4	-14.8	-13.6	-10.1	-5.3	0

Для определения области, попав в которую, частица металломагнитной примеси притянется к полюсам магнита, численно рассчитывалась траектория ее движения под действием поля силы тяжести и поля, создаваемого системой постоянных магнитов. При этом предполагалось, что частица из чистого железа ($\mu_r = 4000$) сферической формы диаметром 1 мм падает с высоты $z_0 = 40$ мм. Результаты расчетов (в миллиметрах) представлены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты расчетов

x0	-24	-18	-12	-6	0	6	12	18	24
y0	5	5	10	12.5	15	12.5	10	5	5
Xend	-24.7	-10	-5	-2.7	-0.3	2.3	4.5	9.1	24
Yend	2.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.8	2.8
Zend	-12.1	-12	-6.6	-6.1	-11.3	-6.2	-6.8	-12	-12
y0*	20	20	20	25	25	25	20	20	15
Xend*	-29.7	-10.9	-4.8	-2.6	-0.8	1	3.3	6	24
Yend*	0.5	0.5	0.3	-0.2	-0.2	0	0.3	0.3	0.4
Zend*	-11.9	-9.4	-3.8	-10.6	-9.9	-11.1	-4.2	-10	-8.8

Анализ полученных данных показывает, что в случае 1 в промежутках между полюсами существуют такие области ($-30 \text{ мм} \leq x \leq -18 \text{ мм}$ и $18 \text{ мм} \leq x \leq 30 \text{ мм}$), что находясь на расстоянии $y \geq 5 \text{ мм}$, частица не достигнет полюса магнита, а значит не будет удалена из потока муки. Даже в самом благоприятном случае, когда частицы окажутся напротив центра полюса ($x = 0$), но на расстоянии $y > 15 \text{ мм}$, они его не достигнут. В случае 2 область, попав в которую, частица металломагнитной примеси притянется к полюсам магнита, значительно больше, однако ограничивается $y \leq 25 \text{ мм}$.

Из результатов, приведенных выше, следует, что эффективность извлечения металломагнитной примеси из потока муки в случае 1 неудовлетворительна. Повысить её можно использованием современных высококоэрцитивных редкоземельных магнитных материалов, например, на основе сплавов Nd-Fe-B, что следует из рассмотренного нами случая 2, либо изменением геометрии системы.

УДК 620.179.14
О ПРИМЕНЕНИИ ПОДКОВООБРАЗНЫХ МАГНИТОВ В СИСТЕМАХ
ОЧИСТКИ МУКИ ОТ МЕТАЛЛОМАГНИТНОЙ ПРИМЕСИ

Н.В. КРЕМЕНЬКОВА, А.А. ПОЛОНЕВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Перед авторами была поставлена задача: определить эффективность очистки потока муки от металломагнитной примеси системами, которыми оснащены некоторые хлебозаводы. Эти системы состоят из горизонтально-го ряда постоянных подковообразных магнитов, создающих у полюсов магнитную индукцию $B = 120$ мТл.

В основе принципа магнитной сепарации лежит эффект взаимодействия частиц магнитных материалов с внешним магнитным полем. Известно, что сила, действующая на ферромагнитное тело, растет с увеличением его объема, градиента индукции и значения намагниченности, которая, в свою очередь, определяется значением индукции внешнего магнитного поля.

Для решения поставленной задачи рассмотрим систему из двух постоянных подковообразных магнитов, изготовленных из магнитожёсткого материала, полюса которых чередуются и расположены на равных расстояниях друг от друга. Габаритные размеры отдельного постоянного подковообразного магнита равны $60 \times 12 \times 24$ мм, где $h = 60$ мм – его высота, а 12×24 мм² – площадь полюса, расстояние между центрами полюсов равно 48 мм. Система координат: x – вдоль системы магнитов (горизонтально), y – перпендикулярно полюсам магнитов, z – вдоль потока муки (вертикально). Начало системы координат находится в центре поверхности второго полюса первого магнита слева.

Для оценки влияния на эффективность извлечения металломагнитной примеси величины магнитной индукции, создаваемой магнитными системами, изготовленными из разных магнитожестьких материалов, рассмотрено две системы. В первом случае система состоит из двух постоянных подковообразных магнитов и создает в центре полюса подковообразного магнита на расстоянии 0,5 мм от его поверхности магнитную индукцию $B = 120$ мТл. Второй случай – аналогичная система, изготовленная из другого материала, создающая у поверхности полюса $B = 400$ мТл.

В таблицах, представленных ниже, зависимости без звездочки относятся к случаю 1, а зависимости со звездочкой – к случаю 2. В табл. 1 (для $z = 0$) приведены значения y – составляющей индукции магнитного поля B_y (мТл) на расстоянии: а) – $y = 10$ мм, б) – $y = 20$ мм и в) – $y = 30$ мм от поверхности полюсов постоянных подковообразных магнитов.

УДК 614.846
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМОСИСТЕМЫ ШАССИ ПОЖАРНЫХ
АВТОЦИСТЕРН ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ВОДОЙ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

А.А. РОЗАНОВ
Учреждение
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ» НПП
Могилев, Беларусь

В вакуумных системах большинства пожарных автоцистерн, эксплуатируемых в Республике Беларусь, для предварительного заполнения водой центробежного насоса применяют струйные вакуум-насосы, использующие энергию выхлопных газов двигателя.

Обладая несомненными достоинствами (простота конструкции, отсутствие дополнительной трансмиссии), газоструйные вакуум-аппараты имеют ряд существенных недостатков. Основным из них является низкая надежность, из-за чего может произойти нарушение его работоспособности, т.е. отказ пожарного автомобиля при выполнении боевой задачи.

Рассмотрев отказы пожарных автомобилей по элементам пожарной надстройки, установлено, что доля вакуумной системы в них составляет почти треть всех отказов. Наиболее характерными из них являются: заклинивание и разрушение оси заслонок, прогорание, коробление заслонок и нагарообразование, разрушение шпилек и гаек, прогар уплотнительных прокладок, трещины в корпусе.

Причиной появления отказов является воздействие на элементы вакуумной системы высокотемпературных выхлопных газов, что приводит к химической коррозии деталей распределительной камеры.

В качестве основных способов повышения надежности газоструйных вакуумных систем применяют размещение струйного вакуум-насоса в конце выхлопного тракта, под насосным отделением, где температура газов значительно ниже (машины производства фирмы Magirus), применение жаростойких материалов и применение вакуумной системы с воздушным эжектором, работающим от пневмосистемы автомобиля.

Абсолютное большинство отечественных пожарных автомобилей, оборудованных насосными установками, имеют пневматическую тормозную систему, поэтому целесообразность использования энергии сжатого воздуха в газоструйном вакуум-насосе для создания первоначального вакуума в центробежном насосе при заборе воды из водоема несомненна.

Существует вакуумная система пожарной автоцистерны с использованием для газоструйного вакуум-насоса сжатого воздуха из автомобильного баллона.

Рассмотрим две вакуум-системы, в которых для создания разряжения в центробежном насосе при заборе воды используется воздушный компрессор автомобильного шасси пожарной автоцистерны.

1. Вакуумная система состоит из газоструйного эжектора, трубопроводов, соединяющих воздушный компрессор с эжектором, электрической сети, пневмораспределителя и вакуумного затвора с обратным клапаном-поплавок. Обратный клапан вакуумного затвора служит для перекрытия воды из полости центробежного насоса и подачи электрического сигнала на пневмораспределитель для переключения потока воздуха, при заполненном водой насосе от газоструйного эжектора на воздушный баллон автоцистерны.

Работа вакуум-системы происходит следующим образом: исходное положение — двигатель автоцистерны работает, компрессор заполняет воздушный баллон автоцистерны. Электрическая цепь между вакуумным затвором и пневмораспределителем разомкнута, трубопровод от компрессора к газоструйному эжектору закрыт.

При включении из насосного отсека специального тумблера, напряжение подается на пневмораспределитель, который открывает клапан подачи воздуха по трубопроводу от компрессора к газоструйному эжектору. Воздух от компрессора, проходя через эжектор, отсасывает воздух из полости центробежного насоса, создает в нем вакуум. Вода заполняет полость насоса, и вакуумный затвор поднимает обратный клапан-поплавок, тем самым замыкает электрическую цепь между вакуумным затвором и пневмораспределителем. Последний разобщает полость центробежного насоса с газоструйным эжектором и компрессором и открывает трубопровод для закачивания воздуха в воздушный баллон автоцистерны.

2. Отличие второй схемы вакуум-системы от вышеописанной, заключается в отсутствии газоструйного эжектора, функции которого выполняет компрессор. Для чего вакуумный затвор и полость центробежного насоса через специальный трубопровод соединены с компрессором. Остальные элементы первой схемы вакуум-системы сохранены.

Функционирует схема следующим образом. Двигатель автоцистерны работает. При включении из насосного отсека специального тумблера, пневмораспределитель соединяет через трубопровод компрессор с вакуумным затвором и полостью центробежного насоса. Компрессор, откачивая воздух из полости центробежного насоса в воздушный баллон автомобиля, создает в центробежном насосе вакуум, и вода заполняет полость насоса. Как и в первой схеме, обратный клапан-поплавок замыкает электрическую цепь между вакуумным затвором и пневмораспределителем, который разобщает полость центробежного насоса с компрессором, и открывает трубопровод для закачивания компрессором воздуха в воздушный баллон автомобиля.

Для повторного забора воды, в случае срыва водяного столба, необходимо включить тумблер пневмораспределителя для создания вакуума в полости центробежного насоса.

ходного напряжения. Генерация электрического шума производится, например, за счет лавинного пробоя $p-n$ перехода полупроводникового прибора при его обратном включении. В задающих каскадах генераторов применяются также ферромагнитные элементы, в которых происходит скачкообразное смещение границ доменов при медленном перемагничивании ферромагнетика. Достаточно мощные генераторы шума для возбуждения пьезоэлектрических элементов выполняются на основе формирования случайной или псевдослучайной последовательности импульсов с помощью цифровых схем.

Выполнено моделирование режимов возбуждения и приема пьезоэлектрическим элементом сенсорной системы шумоподобных акустических колебаний. Решено волновое уравнение для плоского пьезоэлемента в случае представления электрического напряжения на его электродах (режим возбуждения) и механического смещения его основания (режим приема) в виде стохастического интеграла Фурье. Определены коэффициенты трансформации спектра широкополосных акустических колебаний в зависимости от параметров и частоты колебаний пьезопреобразователя. Установлены частотные полосы наиболее эффективного возбуждения и приема шумоподобных акустических сигналов с помощью пьезопреобразователя электроакустической системы.

Проведено моделирование элементов волноводной системы, в качестве которых используются ультразвуковые концентраторы различной формы, при передаче продольных акустических колебаний с непрерывным частотным спектром. Определены зависимости коэффициента трансформации спектра колебательного смещения η от частоты колебаний для конического, экспоненциального и катеноидального концентраторов. Зависимость η от формы концентратора в большей степени проявляется при увеличении коэффициента площади N и снижении частоты акустических колебаний (N – отношение площадей торцов концентратора).

Эффективность передачи широкополосных акустических колебаний электроакустической сенсорной микросистемой моделировали с использованием полной эквивалентной схемы пьезопреобразователя с акустической и электрической нагрузкой. Определяли коэффициент передачи спектральной плотности случайного сигнала $|K(j\omega)|^2$ в режиме излучения как отношение спектральных плотностей силы с механической стороны пьезопластины и электрического напряжения на ее электродах. В качестве механической нагрузки пьезопреобразователя в эквивалентную схему электроакустической системы вводился входной акустический импеданс концентраторов различной формы. Показано, что коэффициент $|K(j\omega)|^2$ резко возрастает в узкой полосе вблизи резонансной частоты электроакустической системы, а также имеет резкий спад в промежутке между ее резонансными частотами.

В.М. КОЛЕШКО, А.В. ГУЛАЙ, В.А. ГУЛАЙ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В ряде технических отраслей, например, в атомной энергетике стоит задача создания методов и средств сенсорного контроля характеристик среды или параметров объекта в труднодоступных объемах или опасных зонах. Эффективным направлением развития сенсорной техники для экстремальных условий является использование электроакустических микросистем, содержащих пьезоэлектрические преобразователи и волноводы различной формы. Возбуждение акустических колебаний производится на одной из резонансных частот пьезопреобразователя при подаче на его вход моночастотного электрического напряжения. Возбуждаемые ультразвуковые колебания с помощью системы волноводов подаются в исследуемую среду или к контролируемому объекту.

Существенным недостатком электроакустической системы в данном случае является зависимость ее резонансной частоты от импеданса нагрузки, а также влияние внешних факторов на резонансные частоты ее отдельных элементов. В конечном итоге это приводит к частотному рассогласованию пьезопреобразователя с электрическим генератором и снижению эффективности возбуждения акустических колебаний. Изменение частоты генератора в процессе работы по определенной программе или автоматическое управление генератором в соответствии с изменением резонансной частоты электроакустической системы не позволяет в достаточной степени повысить ее эффективность.

Для решения задачи самоадаптации электроакустической системы к непрерывно изменяющимся внешним условиям предложено подавать на вход системы шумоподобные электрические колебания в диапазоне изменения ее резонансных частот. При этом, какие бы изменения ни происходили с резонансной частотой электроакустической системы, система извлекает из спектра входного сигнала частотные составляющие, лежащие в полосе ее пропускания. Таким образом, электроакустическая система непрерывно адаптируется к изменяющимся воздействующим факторам, в том числе к механической нагрузке. За счет использования акустических колебаний многих частот увеличивается и объем получаемой в процессе контроля сенсорной информации об исследуемом объекте.

Для реализации предложенного подхода исследован ряд методов возбуждения шумоподобных электрических колебаний и разработана гамма ультразвуковых генераторов с различной шириной частотного спектра вы-

И.С. САЗОНОВ, В.Д. РОГОЖИН, А.А. МЕТТО

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Как известно, в основе конструкции современных образцов дисковых тормозных механизмов (ДТМ) автотранспортных средств лежит схема дискового тормоза с «плавающей» (подвижной) скобой, диском и двумя подвижными тормозными колодками (вторая колодка жестко соединена со скобой), а для механизмов, работающих в условиях повышенных нагрузок, базовой является схема дискового тормоза с неподвижной скобой.

С учетом этого обстоятельства и, несмотря на широкое использование в изготовлении элементов конструкции дисковых тормозных механизмов высокоточного технологического оборудования, новых и композитных материалов, по-прежнему остро стоит проблема термонапряженности. Очевидно, что конструкции допускающие снижение эффективности торможения до 40 % при движении по пересеченной или горной местности, а также в условиях интенсивного городского движения, не могут быть признаны окончательно доработанными.

К настоящему моменту времени известно множество вариантов запатентованных конструкций ДТМ, одной из которых является разработанная в Белорусско-Российском университете конструкция ДТМ с повышенными диссипативными свойствами.

Для оценки эффективности предложенной конструкции выполнен комплекс научных исследований: построена параметрическая твердотельная модель ДТМ и сделан анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструкции тормоза методом конечных элементов, проведен сравнительный анализ термонапряженности тормоза с учетом термообусловленного поверхностного разрушения тормозного диска и аналитическая оценка плотности термоупругих неустойчивостей (гистерезисные явления в приводе тормоза не учитывались).

По результатам исследований установлено, что максимальное эквивалентное напряжение (Equivalent (von-Mises) Stress) равное 122,985 МПа действует в нескольких областях скобы – наиболее напряженного элемента конструкции дискового тормозного механизма. Предложенная конструкция ДТМ имеет достаточный запас прочности и обеспечивает повышение эффективности торможения до 25 % на режиме экстренного торможения.

В.И. СЕМЧЕН

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

Физико-механические свойства дорожно-строительных материалов накладывают жесткие ограничения на процесс уплотнения и характеристики уплотняющих машин.

Оптимальная амплитуда колебаний рабочего органа уплотняющей машины зависит от размера и распределения частиц по толщине слоя уплотняемой смеси.

Однако в современной теории, применяемой при изучении процессов протекающих в зоне контакта вальца катка и уплотняемого материала, принимают допущение, что величины зазоров между частицами среды уплотнения и размер частиц одинаковы, а, следовательно, амплитуда колебаний всех частиц слоя будет примерно одинакова.

На практике среда уплотнения не всегда уплотняется тонким слоем и содержит фракции материала различных размеров, что требует приложения различных по частоте и амплитуде силовых воздействий со стороны рабочего органа уплотняющей машины.

В современных конструкциях машин вибрационного уплотнения данная задача решается установкой вибратора с двумя или более характеристиками амплитудно-частотного воздействия на уплотняемый материал. Различные режимы не могут быть использованы одновременно, данное обстоятельство может приводить к возникновению в слое материала напряжений, приводящих к разрушению ранее созданной уплотненной структуры.

В качестве одного из решений данной задачи – можно принять использование при уплотнении вибрационных машин, конструкция рабочего органа которых позволит прикладывать к уплотняемому материалу, в течение периода релаксации напряжений, воздействия с различными амплитудно-частотными характеристиками. При этом необходимо решить вопросы соотношения фаз воздействия нагрузки с различными амплитудами и частотами, возникновения резонанса и его влияния на процесс уплотнения, выбора силовых характеристик вибраторов.

Для установления связи между характеристиками вибрационной машины, напряжениями и деформациями в слое материала предполагается использовать реологическую модель уплотняемой среды.

О.Е. КОВАЛЕНКО, В.Г. ГУЗОВСКИЙ, А.В. ХОМЧЕНКО

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

Диэлектрические матрицы, содержащие полупроводниковые наночастицы, являются перспективными материалами для изготовления газовых датчиков.

В настоящей работе изложены результаты исследований механизмов воздействия газовых примесей на фотоэлектрические свойства тонкопленочных наноструктур CdSe/полиэтилентерефталат (ПЭТФ) и CdTe/ПЭТФ, сформированных электронно-лучевым испарением в вакууме.

В процессах адсорбции и десорбции газов участвуют приповерхностные слои нанокристаллов, поэтому, чем больше отношение площади поверхности кристаллов к их объему, тем выше его чувствительность к газам, тем эффективнее работа датчика. При адсорбции на поверхности чувствительного элемента датчика молекул газа, обладающих донорными или акцепторными свойствами, происходит изменение ширины потенциального барьера на поверхности наночастицы полупроводника, обуславливающее изменение условий фотогенерации электронно-дырочных пар и, как следствие, изменение фотопроводимости структуры в целом. Однако не следует игнорировать роль диэлектрика в процессах переноса носителей заряда. При адсорбции на поверхности пленки молекул газа изменяются и его свойства.

Для повышения эффективности работы и селективности чувствительного элемента необходимо учитывать роль всех влияющих факторов.

При изучении зависимости фотопроводимости тонкопленочных структур от интенсивности света было обнаружено влияние состава газовой среды на характер люкс-амперных характеристик. Этот факт позволил сделать вывод о наличии примесных центров, энергетические уровни которых формируются в запрещенной зоне структуры при адсорбции газовых примесей. Методы фотопроводимости не позволили обнаружить энергетические уровни соответствующие таким центрам. Однако изучение фотомодуляционных спектров пропускания показало небольшое (5-10 %) изменение коэффициента пропускания вблизи дна зоны проводимости при помещении исследуемого образца в пары аммиака, что подтвердило существование таких центров рекомбинации.

Устройство представляет собой металлическую трубу с условным проходом 50 мм, с одной стороны глухую, с другой стороны с наваренной либо посаженной на резьбовое соединение соединительной головкой. Соединительная головка предназначена для быстрого, герметичного и прочного соединения рукавов, а также для присоединения к рукавному оборудованию по ГОСТ 28352-89. Соединительная рукавная головка с наружным зацеплением состоит из втулки с кольцевой проточкой, в которую вставляется резиновое уплотнительное кольцо типа КН и обоймы, свободно надетой на втулку. В трубе проделаны отверстия для размещения на ней манометра и двух кранов для спуска воздуха и воды.

УДК 630*36
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ
ЛЕСНЫХ МАШИН НА КОЛЕСНОМ ХОДУ

В.А. СИМАНОВИЧ, В.М. КВЕТЕНЬ, М.А. ДАНИЛОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Создание лесных машин на колесном шасси в настоящий момент и ближайшую перспективу преимущественно будет осуществляться на основе модулей имеющих высокую эксплуатационную надежность в работе. Выпуск специальной техники по такому принципу дает большие преимущества в развитии и совершенствовании лесного машиностроения. Это особенно важно при создании новых машин для лесной отрасли, где их количество по прямому назначению возрастает. Одновременно в лесной отрасли появился комплекс работ связанных с переработкой древесины как непосредственно на лесосеке, так и на складах готовой продукции, с целью повышения коэффициента ее использования.

Перед конструкторами и исследователями поставлен ряд задач по созданию принципиально новых машин, отвечающих требованиям и условиям эксплуатации. Колесные машины и их шасси являются наиболее приемлемыми по ряду технико-эксплуатационных факторов. На данный момент и в ближайшей перспективе типаж колесных агрегатных машин будет базироваться на шасси 4К4, 6К6 и 8К8. Это прежде всего связано с тем, что во всех компоновочных решениях ставится задача повышения мощности двигателя силовой установки.

Базовые шасси 4К4, в основном, используются как трелевочные тракторы, форвардеры и машины, выполняющие вспомогательные работы. На данный момент использование трактора МТЗ-82.1 в качестве базовой машины для создания лесной техники исчерпало свои возможности по причине ограниченных технико-эксплуатационных параметров на основных работах лесозаготовительного процесса. Это, прежде всего, относится к таким устройствам как лебедка, ее привод и конструкция трелевочного щита с элементами ограждения. Компоновка систем и механизмов также не удовлетворяют условиям эксплуатации ввиду перегрузки заднего моста при эксплуатации. Дальнейшее совершенствование машин ТТР-401 должно быть направленно на изменение ходовой части базового трактора с целью повышения проходимости при работе на грунтах с низкой несущей способностью, а также при преодолении труднопроходимых участков местности на лесосеке. В этом направлении авторами предлагается введение дополнительной опоры между технологическим оборудованием и задним

мостом трактора. Такое техническое решение было запатентовано в Республике Беларусь (патент № 11781 от 05.04.2007). Улучшение эксплуатационных показателей таких элементов трелевочного оборудования как лебедка, связано с изменением ее конструкции в сторону увеличения тягового усилия, канатоемкости барабана и изменения диаметра каната. Только такие изменения в конструкции машин с колесной формулой 4К4 позволят изменить отношение эксплуатационников в лучшую сторону. На взгляд авторов для трактора ТТР-401, ТТР-402 РУП МТЗ должна быть разработана конструкция устройства для сбора порубочных остатков на лесосеке, которая должна быть универсальной в эксплуатационных условиях. Проблема сбора порубочных остатков назрела давно, просто ей никогда не придавали должного внимания создатели лесозаготовительной техники. Только такие изменения позволят продлить срок использования лесных машин, созданных на колесном шасси 4К4.

Машины многооперационного действия для условий нашей республики могут быть созданы на колесных шасси 6К6 и 8К8. Энергетический модуль может быть выполнен отдельно, а привод технологического модуля и, установленного на нем технологического оборудования, может быть комбинированным. Такие машины могут иметь одинаковые и различные по диаметру колеса технологического модуля. Это обстоятельство играет основную роль при повышении проходимости лесной техники. Установка на раме технологического модуля гидроманипулятора, формирующих устройств или же захватно-срезающего и обрабатывающего комплексов обосновано только для таких компоновочных схем. Создание машин, работающих в лесных условиях на выборочных рубках по таким схемам, затруднено по причине завышенных размерно-конструктивных параметров перспективных лесозаготовительных машин. Их использование возможно на главных рубках по различным технологическим схемам освоения лесосек. Анализ технического уровня современных многооперационных агрегатов лесных машин отечественного и зарубежного производства подтверждают тот факт, что их преимущественное использование на почвогрунтах с несущей способностью 50–90 кПа возможно при условии проведения подготовительных работ на пасечных и магистральных волоках с целью повышения несущей способности. Важным этапом исследований является обоснование параметров двигателя для таких машин. Теоретическими исследованиями было установлено, что для машин с колесной формулой 6К6 мощность двигателя должна быть 185–235 кВт, а для машин с колесной формулой 8К8 230–270 кВт.

Создание перспективных машин для лесного комплекса РБ должно базироваться на научно обоснованных подходах, позволяющих минимизировать производственные затраты при доводочных работах и производственных испытаниях на лесозаготовительных предприятиях.

УДК 833.06

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНЫХ КРАНОВ НА ВОДООТДАЧУ

С.Ю. ДЯГИЛЕВ

Учреждение

«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ» НПЦ
Могилев, Беларусь

На сегодняшний день система противопожарного водоснабжения промышленного предприятия, гражданского здания и сооружения представляет собой комплекс сложных технических устройств, обеспечивающих пожарную безопасность людей, технологического оборудования и материальных ценностей.

Для обеспечения гарантированной и бесперебойной работы пожарного водопровода во время пожара его водопроводные сооружения и оборудование рассчитывают на пропуск требуемого количества воды.

Для проверки и контроля пожарных кранов на водоотдачу нами разработано специальное устройство.

Устройство для контроля пожарных кранов на водоотдачу (далее по тексту – устройство), предназначено для контроля давления и расхода воды пожарных кранов. Устройство может быть смонтировано на пожарный гидрант либо непосредственно на пожарный кран. Устройство рассчитано на постоянную круглосуточную работу в условиях:

- рабочее давление в сети перед устройством до 0,6 МПа;
- температура окружающего воздуха от +5 °С до +40 °С;
- атмосферное давление не ниже 60 кПа (450 мм рт.ст.).

Устройство сохраняет свои параметры после пребывания при температуре от –30 °С до +50 °С.

Составные части и описание устройства (рис.1)



Рис. 1. Устройство для контроля пожарных кранов на водоотдачу

его изображение проходит участки с различной магнитной восприимчивостью материала, что отражается на напряженности поля изображения. Магнит и его изображение имеют малые размеры, чем достигается достаточное разрешение магнито-структурных неоднородностей бетона.

Для измерения напряженности вторичного поля в сканирующем устройстве установлены соосно два магниточувствительных элемента (феррозонд) в «нейтральной» плоскости магнита симметрично, относительно его центра. Направление максимальной чувствительности элементов сориентировано параллельно рабочей поверхности сканирующего устройства. Расстояние между магниточувствительными элементами определялось экстремальными точками распределения тангенциальной составляющей H_T поля изображения в «нейтральной» плоскости магнита.

В эксперименте обследованы бетонные панели из продукции различных производителей. Измерения проведены при двух значениях расстояний d между «нейтральной» плоскостью магнита и поверхностью панели: 25 мм и 45 мм. Так что изображение магнита в материале бетона находилось на различной глубине. Значения d выбраны из следующих обстоятельств: 1- приведенные значения d близки к реальным условиям контроля; 2 – наибольший вклад в напряженность магнитного поля бетона дает поверхностный слой, толщина которого меньше толщины защитного слоя.

При измерениях получены сигналограммы, характеризующие распределение напряженности $\vec{H}$ вдоль различных направлений перемещения сканирующего устройства по поверхности панелей.

Анализ полученных сигналограмм показывает, что распределение напряженности вторичного магнитного поля над поверхностью всех панелей можно охарактеризовать двумя составляющими. Первая – это составляющая с малым изменением напряженности $\vec{H}$ по площади панели, среднее значение которой $|\vec{H}|$ можно назвать систематической составляющей. Эта составляющая определяется усредненной по площади панели магнитной восприимчивостью материала панели. Для различных панелей величина $|\vec{H}|$ имеет различное значение и ее максимальное значение на исследованных панелях достигает 60 А/м. Вторая составляющая $H_{сл}$ – это быстро изменяющееся при перемещении сканирующего устройства значение $\vec{H}$, которое на сигналограмме выглядит как амплитудная модуляция систематической составляющей, причем, модуляция носит случайный характер. Отклонение $H_{сл}$ от среднего значения $|\vec{H}|$ может достигать 100 %.

УДК 630*36
ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ
МАШИН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

В.А. СИМАНОВИЧ, А.И. СМЕЯН, С.А. ЛЕВКОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Современные тенденции в развитии лесного машиностроения базируются в направлении совершенствования конструкции машин, оборудования, их отдельных узлов и агрегатов. Модульный принцип проектирования на основе уже созданных отдельных подсистем позволяет сократить сроки проектирования и доводочных работ сложных машин различного назначения. В последние годы в таком направлении работают создатели лесной агрегатной техники в нашей стране и за рубежом. Опыт создания лесных машин, выполняющих многофункциональное назначение требует от создателей и эксплуатационников принципиально новых подходов в решении задач конструкторско-технологического назначения. Это понятие охватывает целый комплекс задач, которые возникают в процессе работы таких сложных машин, и, как следствие, информации с целью совершенствования узлов и агрегатов, а, в конечном счете, составляющих модулей вновь созданных машин.

Сравнительный анализ динамической нагруженности узлов и агрегатов колесных лесных машин обычно производится с сельскохозяйственными тракторами и автомобилями общего и специального назначения по величинам крутящего момента в таких элементах трансмиссии, как вал коробки передач, карданная и главная передача, полуоси, а так же ходовая часть. Данные теоретических и эксплуатационных исследований подтверждают тот факт, что величины коэффициентов динамичности в перечисленных узлах лесных машин на 50–70 % выше, чем у сельскохозяйственных тракторов. Исследование динамических режимов нагружения отдельных узлов и агрегатов лесных машин связано, прежде всего, с природой возникновения возмущающих воздействий, продолжительностью и характером их протекания по времени.

Наибольшую информационность дают процессы, к которым можно применить методы статической динамики. Однако классификация условий эксплуатации лесных агрегатных многооперационных машин в большинстве не позволяет охарактеризовать преимущественное число режимов их работы как установившиеся. Это обстоятельство дает основание заявить о том, что в изучении таких процессов лесных многофункциональных машин нужен новый подход, основанный на принципах синтеза, ввиду того,

что количество элементов привода, входящих в систему «двигатель – рабочее оборудование», становится в численном отношении больше.

Необходимо отметить и тот факт, что выполнять большое количество операций технологического назначения лесным агрегатным машинам приходится в статическом положении. Источником внутренних возмущений в системе при таких режимах работы является двигатель внутреннего сгорания – как устройство заданной ограниченной мощности в колебательной системе. Общий эксплуатационный диапазон скоростных режимов двигателя внутреннего сгорания, установленных на лесных машинах, в большинстве случаев, состоит из двух различных по функциональному назначению режимов: пускового и рабочего диапазона.

Пусковой скоростной диапазон является вспомогательным. Соответствующие ему скоростные режимы реализуются нестационарно, при прохождении этого диапазона двигателем, в процессе запуска или остановки. Для неустановившегося режима работы двигателя колебания крутящего момента на валу играют существенную роль. Учитывая тот факт, что двигатели внутреннего сгорания относятся к системам с ограниченным возбуждением по величине достигаемого крутящего момента, то некоторые скоростные величины его работы оказываются стационарно недостижимыми.

При анализе динамических процессов в пусковом скоростном диапазоне ДВС многооперационных лесных машин с регулятором скорости, обратная тахометрическая связь обычно не учитывается. Это обусловлено параметрами регулирующего устройства при запуске. При запуске на вход регулятора поступает постоянное по величине воздействие, соответствующее определенному регулируемому скоростному режиму в рабочем диапазоне. В этом случае двигатель работает по частичной или внешней (предельной) характеристике, что соответствует использованию всей свободной мощности при нестационарном прохождении пускового диапазона. Расчетными исследованиями по двухмассовой математической модели была установлена величина крутящего момента на пусковом режиме и время её достижения. Для двигателей ММЗ величина M_k достигала 5,09–5,25 кН·м, а время составило 0,25–0,85 с. Было установлено, что при запуске двигатель устойчиво работает на частоте близкой к резонансной и колебания коленчатого вала и соединительных элементов достигают значительного уровня.

Приведенные особенности работы двигателей лесных многооперационных машин должны учитываться при проектировании и доводке динамических характеристик машинных агрегатов, позволяющих удовлетворить техническим требованиям рабочего скоростного диапазона. В сложных динамических системах, с ограниченным источником заданной мощности, скоростные режимы должны исследоваться на основе динамических процессов, происходящих в резонансных областях.

УДК 620.179.14
МАГНИТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

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

Качество оценки состояния строительных конструкций и достоверность рекомендаций о возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации непосредственно зависит от результатов диагностики, эффективность которой в значительной степени определяется используемыми методами и техническими средствами. Одними из подлежащих контролю параметров железобетонных конструкций являются реальный диаметр прутков арматуры в конструкциях и толщина защитного слоя бетона.

Используемые для измерений указанных параметров средства магнитного и вихретокового контроля с развитием технических возможностей совершенствуются, однако степень успеха в этом направлении зависит не только от технических возможностей, но и от учета физических характеристик контролируемых объектов, влияющих на результаты измерений. В частности, при использовании магнитного и вихретокового методов мешающим фактором может быть как различие магнитных свойств бетона между конструкциями, так и их неоднородности в пределах одной конструкции. Наличие этого фактора связано с различием магнитной восприимчивости материалов, используемых в качестве наполнителей бетона, с различием размеров частиц наполнителей и с неоднородностью их распределения в объеме конструкций.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования магнитных неоднородностей бетонных конструкций. Методика исследования заключалась в измерении напряженности $\vec{H}$ вторичного магнитного поля над поверхностью конструкции при перемещении над ее поверхностью сканирующего устройства, содержащего источник намагничивающего поля $\vec{H}_o$. В качестве источника намагничивающего поля использован постоянный магнит прямоугольной формы (50x45x28 мм) с направлением намагниченности нормально поверхности конструкции. Характер распределения напряженности $\vec{H}$ вторичного поля над поверхностью конструкции аналитически описывается полем изображения источника намагничивающего поля. Напряженность поля изображения определяется магнитной восприимчивостью участка бетона, в котором находится изображение. При перемещении магнита над поверхностью конструкции

В.Г. ГУЗОВСКИЙ, О.Е. КОВАЛЕНКО, А.В. ХОМЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В сообщении представлены результаты исследования фотомодуляционных спектров пропускания планарных наноразмерных структур Ge/ПЭТФ. Фотомодуляционные спектры измерялись по стандартной методике. В качестве источника модулирующего излучения использовался гелий-неоновый лазер с длиной волны $\lambda_{\text{pump}} = 488$ нм. Плотность мощности лазерного излучения на поверхности образца составляла 1 мВт/см^2 . Частота модуляции излучения равнялась 40 Гц и выбиралась из условия наилучшего соотношения сигнал-шум. Образец размещался под углом Брюстера. Вследствие высокой концентрации германия показатель преломления исследованных пленок, определенный по результатам обработки данных измерений, находился в диапазоне от 2 до 2,9. В спектрах поглощения образцов, также как в спектрах поглощения наночастиц германия в стеклянных матрицах, эффекты размерного квантования в видимой области спектра слабо заметны и проявляются лишь в виде некоторой деформации края поглощения. В ближнем ИК - диапазоне в области непрямого и наименьшего значения энергии для прямого перехода при 0,76 эВ коэффициент поглощения Ge значительно ниже, чем в видимой части спектра и не поддавался измерению в тонких слоях. По сравнению со спектрами поглощения, в модуляционных спектрах регистрируется пик межзонных переходов E_i и отстоящий от него на 0,29 эВ, слабо выраженный пик спин-орбитального расщепления валентной зоны полупроводника $E_i + \Delta$. Их положение в спектрах совпадает с литературными данными для массивного германия. В спектрах регистрируется квантово-размерный сдвиг всех наблюдаемых энергетических уровней на величину около 0,3 эВ. Диаметр полупроводниковых частиц, рассчитанный по величине этого сдвига, равен примерно 5 нм. Наличие модуляционного пика в области около 0,8 эВ может свидетельствовать, о том, что в наночастицах германия в полимерных матрицах сохраняется высокая интенсивность прямых оптических переходов, что в свою очередь позволяет предположить сохранение кристаллической и зонной структуры германия при переходе к наноразмерным частицам.

А.Ф. СКАДОРВА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»
Горки, Беларусь

Исправность машины характеризуется соответствием всех её параметров величинам, приведенным в технической документации. Эти параметры являются параметрами технического состояния. Причинами их изменения являются конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы. Исходная неравномерность рабочих процессов, обусловленная конструктивными и технологическими факторами, усиливается эксплуатационными факторами. Изменение параметров технического состояния при работе допустимо, но существуют предельные значения, по достижении которых, эксплуатация машины приводит к неминуемому отказу. Изменение параметров в процессе эксплуатации возникает в результате изнашивания деталей, их деформации, нарушения регулировок, режимов работы и других причин. Наибольшее влияние на нарушение параметров технического состояния оказывает изнашивание деталей. Процесс изнашивания зависит от материала и качества поверхностей деталей, характера контакта и условий трения, нагрузки и скорости относительного перемещения.

Состояние отремонтированной техники характеризуется теми же факторами. Однако они проявляются в большей степени, что определяется использованием в процессе ремонта деталей с уже накопленными различиями.

Из этого следует, что для машин с различным исходным состоянием во время эксплуатации потребуется разное восстановительно-профилактическое вмешательство через неодинаковое время. Оптимальным будет являться индивидуальное обслуживание каждого экземпляра с целью восстановления как функциональных, так и ресурсных параметров.

Решением указанной проблемы, своевременным и достоверным контролем параметров технического состояния является разработка и внедрение непосредственно в конструкцию сельскохозяйственной техники бортового диагностирования, развитие которого стало возможным благодаря приходу на рынок полупроводниковых приборов и компьютерной техники, их быстрой эволюции и удешевлению. В связи с этим, в последнее десятилетие уделяется большое внимание развитию математического аппарата и теории автоматизации диагностирования с помощью ЭВМ применительно

к сельскохозяйственной технике.

Одним из примеров актуального применения бортового диагностирования являются механизмы коробок передач, дефекты которых связаны, в основном, с изнашиванием – 80–85 %. В результате изнашивания рабочих поверхностей деталей в подвижных соединениях зазоры увеличиваются, в неподвижных – появляются. Поэтому основным структурным параметром состояния элементов механизмов является зазор.

Так, работоспособность коробки передач с гидроподжимными фрикционными муфтами во многом определяется техническим состоянием последних. Параметры износостойкости образцов фрикционных материалов характеризуются рассеиванием, определяемым кривой распределения, а вероятностный характер износов фрикционных накладок фрикционной муфты на тракторе определяется конструкцией муфты и вариациями кривых распределения её работы трения в условиях рядовой эксплуатации. В связи с этим, основной задачей обеспечения работоспособности тракторов, оснащённых гидроподжимными фрикционными муфтами в коробке передач, при их технической эксплуатации является возможность безразборного технического диагностирования гидроподжимных муфт, что позволит судить о величине износа фрикционных накладок на ведомых дисках, который в процессе эксплуатации непрерывно увеличивается.

Диагностирование гидроподжимных фрикционных муфт позволит повысить эффективность использования тракторной техники за счёт исключения непредвиденного выхода из строя данной сборочной единицы, и, как следствие, своевременность постановки тракторов на техническое обслуживание и ремонт, а также даст возможность получения точной информации остаточного ресурса по каждой единице техники в отдельности.

сложная система представляет собой совокупность процессов сбора данных об условиях формирования облучения и доступных методах защиты, организации потоков информации, её накопления, передачи и обработки, выработку оптимальных решений по снижению величины облучения и риску негативных последствий.

Основной метод исследования и разработки сложных систем – моделирование, в том числе имитация процессов функционирования сложной системы с использованием компьютерных информационных технологий. Моделирование сложной системы радиационной защиты позволит не только определить, на каких общих принципах будет осуществляться защита, как будет взаимодействовать с административными органами управления, дозиметрическими службами, но и как будет организован радиационный мониторинг на каждом рабочем месте. Моделирование таких процессов – это эффективное средство поиска путей оптимизации радиационной защиты, средство прогнозирования и минимизации рисков, возникающих в различных ситуациях облучения.

Основу моделирования сложной системы составляют методологии, технологии и инструментальные средства проектирования. Одной из современных методологий разработки сложных систем является объективно-ориентированная методология (ООМ), позволяющая моделировать поведение сложной системы, как результат взаимодействия и взаимоотношений между ее компонентами, которые в свою очередь могут являться сложными системами. Составными частями ООМ являются объектно-ориентированный анализ и проектирование (ООАП) и объектно-ориентированное программирование, позволяющее сгенерировать программный код по модели проекта сложной системы.

В качестве визуального средства объектно-ориентированного моделирования сегодня предлагается унифицированный язык моделирования UML, который поддерживается целым спектром инструментальных программных средств: языками программирования, средами разработки, автоматизированного тестирования и документирования, охватывающих жизненный цикл создания программных систем.

Преимущества объектно-ориентированного анализа и проектирования в моделировании системы организации радиационной защиты персонала позволяют существенно снизить риск возникновения ошибок при анализе в проектировании самой системы; разобраться в системе, предлагая разумные решения относительно выбора подпространства большого пространства состояний. Использование объектно-ориентированной методологии моделирования позволит создать систему организации радиационной защиты персонала, которая обеспечит руководителей предприятия, использующего источник, своевременной и достоверной информацией, а также окажет непосредственную и своевременную помощь в принятии решений по радиационной защите персонала.

А.Г. ГУБАНОВИЧ, *Ю.Е. КРЮК, И.Е. КУНЕЦ
Государственное учреждение образования
«КАДРЫ ИНДУСТРИИ» ИПК и ПРИСП
*Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
И ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН Беларуси» – «Сосны»
Минск, Беларусь

Жесткие квоты на выброс парниковых газов в атмосферу, рост цен на традиционные энергоносители только укрепляют основу для ренессанса атомной энергетики во всем мире. В настоящее время во многих странах разработаны и реализуются проекты строительства атомных электростанций (АЭС). Республика Беларусь находится на пороге строительства атомной электростанции, несмотря на то, что 25 лет этот процесс был заморожен. Постоянно растущий спрос на энергию вынуждает многие страны пересматривать национальные энергостратегии и делать ставку на ядерную энергетику. При этом атомная энергетика должна удовлетворять надеждам общественности на исключительные показатели своей безопасности – действующие станции должны постоянно подтверждать достигнутые уровни безопасности, а будущие – их непрерывно совершенствовать.

Соответствие доз облучения работников установленным требованиям и рекомендациям по безопасности в отношении защиты от профессионального облучения, вне зависимости от сферы деятельности, является важнейшим компонентом, свидетельствующим о достигнутых уровнях радиационной безопасности. Неотъемлемой частью системы радиационного контроля атомной электростанции являются автоматизированные системы индивидуального дозиметрического контроля (АСИДК). АСИДК предназначена для контроля, прогнозирования, учета и планирования дозовых нагрузок на персонал, а также для контроля за допуском персонала в зону строгого режима. Система должна обеспечивать получение и обработку информации при всех режимах работы АЭС, включая проектные и запроектные аварии. АСИДК должна обеспечивать: получение и хранение информации по текущему, оперативному и аварийному контролю доз внешнего облучения персонала; получение и хранение информации по содержанию инкорпорированных радионуклидов, включая расчет эффективных доз внутреннего облучения; формирование данных для анализа и планирования доз облучения персонала; формирование отчетных и справочных форм представления информации об облучаемости персонала. Автоматизированная система индивидуального дозиметрического контроля как

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

Стремительный рост потребности в строительных, дорожных и подъемно-транспортных машинах усиливает актуальность вопросов, связанных с эффективностью их эксплуатации. Тяжелые внешние условия эксплуатации техники (температура окружающей среды, грязь, влажность), сказывающиеся на состоянии рабочей жидкости, недостаточная культура производства и эксплуатации – все это значительно ухудшает эксплуатационные показатели машины. Альтернативным выходом из круга проблем послужит применение методов и средств технической диагностики. К наиболее перспективным направлениям стоит отнести развитие бортовых систем диагностирования гидроприводов (БСДГ).

Один из самых значимых этапов разработки БСДГ – разработка алгоритмов диагностирования состояния гидропривода. Алгоритмы определяют порядка 80 % успеха всей разработки. Поэтому очень важно при их составлении обладать как можно более полной и адекватной информацией о функционировании объекта диагностирования. Такая информация может быть получена только путем проведения экспериментов как физических так и расчетно-теоретических. Наиболее адекватные физические эксперименты, но они же и малоинформативные, а увеличение информативности достигается большими, порою необоснованными, финансовыми затратами. Теоретические эксперименты имеют противоположную характеристику. Таким образом, следует использовать симбиоз двух методов получения информации: математические методы для получения широкого спектра интересующей информации о функционировании гидропривода, а экспериментальные – как подтверждающие адекватность составленной математической модели исследуемого гидропривода.

Применительно к нашему объекту диагностирования были проведены эксперименты по получению реальных характеристик функционирования гидропривода навесного оборудования автокрана. Программа испытаний включала анализ режимов: работа аутригеров, подъем/опускание стрелы, ее выдвижение, поворот платформы, работа лебедки и совместное выполнение некоторых операций. В качестве варьируемых параметров – груз на крюке, вылет и длина стрелы. Снимаемые показатели – давление и температура в контрольных точках и частота вращения вала гидронасоса. Полученные данные будут использованы при составлении алгоритмов, а так же для подтверждения адекватности математической модели.

УДК 621.879
РЕАЛИЗАЦИЯ КОСОГО БЛОКИРОВАННОГО РЕЗАНИЯ ГРУНТА
НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

А.П. СМОЛЯР

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

Анализируя резание грунта рабочими органами, расположенными под углом к направлению движения, можно проанализировать эффективность их использования на машинах различных типов. Исследования косого резания грунта проводились многими авторами, но оценка ими его эффективности зачастую носит противоречивый характер. Во многом это объясняется тем, что результаты, полученные при исследованиях рабочих органов землеройных машин, работающих по принципу косого резания, обобщались без достаточных на то оснований.

При косом резании грунта основное влияние на силовые параметры резания оказывает вес грунта, перемещаемый по ножу, и площадь поверхности площадки сдвига, от которой зависит значение силы сцепления. Влияние этих факторов существенно зависит от типа разрабатываемого грунта, поскольку для песчаных грунтов превалирующее значение на сопротивление резанию будет оказывать вес грунта, а для связных грунтов – удельное сцепление грунта.

Проведенные аналитические и экспериментальные исследования позволили сделать вывод, что машины, работающие по принципу косого резания, будут эффективны, если они реализуют полублокированное косое резание или осуществляют резание при малой толщине стружки. При косом копании вес грунта, перемещаемого по рабочему органу, будет оказывать все большее влияние по сравнению с силами сцепления, действующими на площадке сдвига. Из-за специфичности процесса копания на него нельзя переносить результаты, полученные при анализе резания грунта.

Наиболее типичным представителем рабочего органа, для которого использование косого резания целесообразно, является отвал бульдозера или автогрейдера. Такое утверждение основывается на специфике его рабочего процесса. И наоборот, косое резание нецелесообразно использовать на ковшовых рабочих органах, если принимать во внимание только энергоемкость процесса копания, а не их накопительную способность.

Анализируя проведенные аналитические и экспериментальные исследования, можно сделать вывод, что при всем многообразии типов рабочих органов, существуют рабочие органы, реализация косого резания для которых целесообразна, а также имеются рабочие органы, для которых использование косого резания не может дать никаких преимуществ.

поверхности зависит энергоинформативность и эффективность всех дальнейших преобразований.

Создание адаптивных структур обусловлено особенностями профилей сложноконтурных поверхностей, их геометрией, характером изменений в поле допусков и конструкцией геометрического тела.

Современная комбинированная преобразовательная техника позволяет проводить высокоэффективный контроль портативными мобильными средствами с использованием техники и технологий микропроцессорной обработки информации.

В сравнении со схемами прямых измерений более энергоинформационными являются структуры на основе схем относительных измерений. Если в абсолютных измерениях требуется высокостабильная метрологическая база, то в схемах относительных измерений воспринимается не сама пространственная координата профиля (контура), а ее отклонение относительно базовой координаты или соответствующего образца (эталоны).

В отличие от контактных, в бесконтактных методах адаптером устанавливается информационный контакт через среду.

Применимость бесконтактных проекционных, интерференционных и голографических способов и схем обусловлена высокими точностными возможностями. Они занимают монопольное положение в технологиях аттестации и сертификации образцовых изделий, средств поверки, в микро- и нанотехнологиях.

В комбинированных схемах относительных измерений отклонений координат профилей особое значение имеет метрология датчика, конструкция его чувствительного элемента и функциональная схема первичных преобразований.

Комбинированные структуры информационных преобразований позволяют строить способы бесконтактных измерений на основе высокочувствительных пневматических преобразований с масштабированием и оптико-электронной обработкой на последующих уровнях.

В конструкции пневмооптических систем уравнивающего преобразования изменение профиля преобразуется в перемещение подвижного штока.

Бесконтактный принцип первичных пневматических преобразований эффективно реализуется в конструкциях с одновременной аэростатической стабилизацией движущегося геометрического тела.

На основе пневматических бесконтактных первичных преобразователей эффективно используются структуры информационных преобразований по схемам относительных измерений разностей. Они более употребительны при сравнительном контроле отдельных участков поверхностей геометрического тела и его эталона.

В.Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, А.П. МАРКОВ, *Е.М. ПАТУК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Пространственно-временное изменение свойств сложнопрофильных поверхностей изначально проявляется в некоторых технологических сообщениях, совокупно отражающих определенные признаки зарождающихся дефектов. С появлением таких сообщений возникает первичная информация об изменяющихся свойствах и параметрах геометрических поверхностей.

При выборе физических эффектов выявления информативных источников особое внимание уделяется информативности и чувствительности приемников информативных излучений в фоновой обстановке обследуемой зоны поверхности. Если информативность технологических признаков изменяющейся поверхности определяется природой и параметрами формирующейся поверхностной неоднородности, то чувствительность обусловлена многофакторной зависимостью спектрально-энергетических взаимодействий и преобразований информативных излучений.

В комбинированных структурах информационных преобразований преимущественно используется многоуровневое распределение операций с сигналами различной физической природы. Формализованное распределение информационных преобразований по уровням позволяет моделировать информационный процесс как системно объединенную структуру с соответствующей целью и критериями. В согласованной структуре параметры выходных величин предшествующих элементов одновременно являются входами последующих, что связано с наличием и учетом определенных сред и локальных связей.

Изменение поперечного или продольного профиля поверхности геометрического тела функционально связано с соответствующим изменением координаты чувствительного элемента первичного преобразователя или датчика. При этом для взаимосогласованных взаимодействий устанавливается информационный контакт с поверхностью, элемент которой встраивается в единую информационно-преобразовательную цепь (информационный канал). От первичной адаптации к специфике и условиям предметной

К.Е. СТАРОДЕТКО, Ч.Б. ДРОБЫШЕВСКИЙ, Г.Г. МАНЫШИН
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

При гомогенном сгорании необходимо за период впрыска обеспечить в районе струй топлива $\alpha < 1$, а в остальном объеме камеры сгорания однородный состав топливовоздушной смеси с учетом начавшегося за 6–8° поворот коленчатого вала (П.К.В.) после верхней мертвой точки сгорания. При этом впрыск должен быть не в виде струй топлива, а в виде тумана – необходимо обеспечить дробление топлива, вплоть до молекул. Вместо отдельных факелов топлива должен быть сплошной конус распыла в виде тумана. В этом случае при большой скорости топлива в распыливающем отверстии дальность будет низкой и топливо не достигнет стенок камеры сгорания.

Давление сгорания за весь цикл сгорания предполагается постоянным. Для плавного перехода от линии сжатия до линии сгорания должен быть осуществлен предварительный впрыск малой дозы топлива (предвпрыск). Часть цикловой подачи 15–20% можно подавать во впускные патрубки головки цилиндров. Гомогенное сгорание обуславливает $\alpha \approx 1$, но в зоне воспламенения коэффициент избытка воздуха должен быть ниже единицы, т.е. $\alpha < 1$. Таким образом, процесс смесеобразования и сгорания приближается к процессу сгорания бензиновых двигателей с зажиганием от искры.

При распыле дизельного топлива в виде тумана, вплоть до молекулярного уровня, и его, практически мгновенного испарения (как у бензиновых двигателей) период задержки воспламенения должен значительно сократиться и тогда предвпрыск может не потребоваться. Если учесть, что объем камеры в поршне составляет не более 80 % от объема камеры сжатия и основной процесс тепловыделения происходит в камере, то оставшиеся 20 % воздуха просто разбавляют продукты сгорания. Тогда суммарный коэффициент избытка воздуха составит 1,2 ($\alpha = 1,2$), а рабочий цикл дизеля, при прочих равных условиях, будет уступать циклу Отто по удельной мощности на 20 %. Сразу возникает проблема регулирования подачи воздуха на частичных нагрузках с целью сохранения $\alpha = 1$. Таким образом, возникает задача регулирования фаз газораспределения и хода клапанов.

Возможен вариант обеспечения гомогенного сгорания на режимах полной мощности ($M_{кр. max}$) и близких к ним режимах, а на остальных коэффициентах избытка воздуха будет больше единицы ($\alpha > 1$). Тогда можно исключить регулируемые фазы газораспределения.

Если продолжительность топливоподачи 24° П.К.В., а период задержки воспламенения $2-4^\circ$ П.К.В., то конусный факел топлива должен пронизывать вращающийся тор сжатого воздуха и таким образом создавать новую дозу горючей смеси с $\alpha \approx 1$. Для камеры конструкции ММЗ вихревое отношение $\Omega = 24$, это значит, что за угол подачи $24-4 = 20^\circ$ П.К.В. вихрь в камере повернется на угол 480° , то есть весь объем воздуха в камере сгорания будет пронизан факелом. Схема топливного факела в виде полого конуса и вращающегося тора воздуха в камере сгорания, с точки зрения равномерного распределения топлива в объеме воздуха, является предпочтительной.

Для организации гомогенного сгорания наиболее предпочтительной является камера сгорания ММЗ. Но при форсировке дизеля Д-245 до 136 л.с. на кромках камеры сгорания при длительной эксплуатации возникают трещины. Поэтому предлагается поршень с заливаемой вставкой из легированной стали с коэффициентом объемного расширения, как и у алюминиевого сплава. Кроме того, предлагается новая схема охлаждения поршня. Второй вариант – это составной поршень с головкой из легированной стали и направляющей частью из алюминиевого сплава.

Использована клапанная форсунка с круговым распылом в виде полого конуса с углом раскрытия $120-150^\circ$. Опытные образцы такой форсунки испытаны. При давлении распыла 100 МПа, ходе иглы 0,02–0,03 мм и впрыске в окружающую среду (без противодействия) факел топлива описывается как белый туманообразный конус. Распыл в виде тумана происходит за счет дросселирования и возможного многократного открытия и закрытия клапана. Согласно расчету модели клапанной форсунки наименьшая собственная частота продольных колебаний стержня клапана составит $\omega = 106200 \text{ с}^{-1}$. Если частота вращения коленчатого вала равна 2200 мин^{-1} , а продолжительность впрыска 24° П.К.В., то за время впрыска клапан совершит 180 колебаний, а скорость топлива в щели между седлом и клапаном при подъеме 0,02 мм и давлении 200 МПа может достигнуть 700 м/с.

Были изготовлены макетные образцы форсунок и проведены испытания с визуальной оценкой качества распыла топлива по полноте конуса распыла и характеру туманообразного облака. Испытания показали принципиальную возможность создания таких форсунок с круговым распылом, очень мелкой дисперсностью и невысокой дальностью. При ходе клапана 0,02–0,03 мм обеспечивается возможность впрыска 180 мм^3 топлива при давлении 200 МПа. Недостатком форсунки является необходимость увеличения диаметра носка распылителя с 9 мм до 12–14 мм.

В настоящее время многие ведущие фирмы проводят интенсивные исследования в этом направлении. Поэтому для создания предпосылок успешной разработки дизельного двигателя нового поколения необходимо начать исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке гомогенного смесеобразования и сгорания.

ствии с п. 2.2.4 ГОСТ 12.3.028-82 «Не допускается работа боковыми (торцовыми) поверхностями круга». Слесарь механосборочных работ допустил ошибку, при зачистке сварных швов он коснулся торцевой поверхностью круга острого края обрабатываемой детали и при этом произошло разрушение круга.

При проведении подготовительных работ по пробивке отверстия в стене для трубопровода на участке переработки брака «Бобруйского хлебозавода» погиб слесарь-сантехник, выполнявший работу по подключению и опробованию электродрели-перфоратора «BOSCH».

При проведении экспертизы установлено:

- обследуемая дрель-перфоратор «BOSCH» GBH2-24 DFR изготовлена в 2000 году в Германии и относится ко II классу по ГОСТ 12.2.013.0-91;
- безопасная эксплуатация ее регламентирована ГОСТ 12.2.013.6-91, руководством по эксплуатации фирмы «BOSCH», правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ).

Проведены исследования дрели-перфоратора «BOSCH» в соответствии с п. 26.2 ПТЭ и ПТБ. Исследования проводились в лаборатории электрофизических измерений НТК «Наука» при Белорусско-Российском университете:

- выполнены измерения сопротивления изоляции дрели-перфоратора мегомметром M1101M, результаты которых во всех случаях составляли более 200 МОм, что соответствует нормативно-технической документации;

- проведены испытания прочности изоляции дрели-перфоратора на универсальной пробойной установке УПУ-1М. При испытаниях пробоя или перекрытия изоляции не происходило, т.е. изоляция была исправной.

Поражение электрическим током слесаря-сантехника могло произойти в результате действия ряда причин:

- снижения электрического сопротивления изоляции дрели-перфоратора из-за возможного попадания на выключатель, вентиляционные отверстия и рукоятку снега с примесью соли при транспортировке дрели-перфоратора к месту работы;

- низкого электрического сопротивления тела слесаря-сантехника, обусловленного наличием в организме этилового алкоголя в концентрации 0,8–0,9 промилля (в соответствии с заключением судмедэкспертизы).

Как показывает анализ данного несчастного случая при работе в помещениях с повышенной опасностью (повышенная температура и влажность, токопроводящие полы из металлической плитки) даже при использовании ручного переносного электрифицированного инструмента с «двойной» изоляцией необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Анализ ряда несчастных случаев, произошедших при выполнении работ с использованием ручного переносного электрифицированного инструмента на предприятиях Могилевской области, показывает, что не всегда персонал, осуществляющий эти работы, выполняет требования безопасности, изложенные в нормативной документации. Изложим некоторые из них.

В цехе механосборочных работ Дочернего унитарного производственного торгового предприятия «Спектр» республиканского унитарного производственного предприятия (РУПП) «Бобруйскагромаш» слесарь механосборочных работ выполнял зачистку сварных швов захвата рулонов ЗР-1. Работа выполнялась машиной ручной электрической шлифовальной TSM1-150. При зачистке произошел разрыв круга обдирочного и отлетевшей от него частью был травмирован глаз находящегося рядом электросварщика.

Машина ручная электрическая шлифовальная TSM1-150 изготовлена АО «Rebir» г. Резекне, Латвия. Она предназначена для зачистки металлических поверхностей и зачистки сварных швов шлифовальными кругами, упрочненными волокнистыми материалами и имеющими окружную скорость не менее 50 м/с. Расшифровка надписи с этикетки поврежденного круга показала, что товарный знак и надпись ЗАТ «ІАЗ» принадлежат «Иршавскому абразивному заводу», г. Иршава, Закарпатская область, Украина. Размеры круга обдирочного, указанные на этикетке соответствуют размеру обследуемого круга. В исследуемом обдирочном круге отсутствуют упрочняющие волокнистые материалы (армирование).

Разрушение обдирочного круга произошло в результате действия ряда причин, обусловленных несоблюдением требований «Руководства по эксплуатации машины ручной электрической шлифовальной TSM1-150» и п. 2.2.4, 10.8 и 10.13 ГОСТ 12.3.028-82. В соответствии с требованиями «Руководства по эксплуатации машины ручной электрической шлифовальной TSM1-150» («машина предназначена для работы шлифовальными кругами, упрочненными волокнистыми материалами...») исследуемый круг нельзя было устанавливать на данную шлифовальную машину, т. к. в нем отсутствуют упрочняющие волокнистые материалы (армирование). В соответ-

Под стратегией организации и функционирования системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава (ТО и Р ПС) понимается совокупность принципов и правил управления техническим состоянием автомобиля, а также определенных методов и принципов организации производственно-технической базы ТО и Р.

Собственник транспортного средства (ТС) может выбрать любую стратегию обеспечения работоспособности автомобиля (для разграничения понятий «стратегия организации ТО и ремонта» и «стратегия обеспечения работоспособности», последнюю будем обозначать как Р-стратегию): I – предупреждение, II – устранение отказов и неисправностей и III – комбинации.

В зависимости от методов организации, структуры и параметров производственно-технической базы малых автотранспортных предприятий можно выделить следующие основные стратегии организации и функционирования системы ТО и Р ПС:

1) выполнение работ по ТО и ремонту на собственной производственно-технической базе (ПТБ). Определим данную стратегию как стратегию «С» (собственная ПТБ, самостоятельное проведение ТО и ремонта);

2) проведение работ по ТО и ремонту на сторонней ПТБ. Эту стратегию можно обозначить как стратегия «А» (аутсорсинг системы ТО и ремонта);

3) выполнение работ согласно комбинированной, сочетающей в той или иной степени элементы стратегий «С» и «А». Определим ее как стратегию «К»:

– К: С–Р(I) + А–Р(II)-а. На собственной ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем поддержания ее заданного уровня (ТО), на сторонней ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем восстановления ее заданного уровня (Р) по абонементному принципу;

– К: С–Р(I) + А–Р(II)-б. На собственной ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем поддержания ее заданного уровня (ТО), на сторонней ПТБ выполняются работы по обеспечению ра-

ботоспособности ПС путем восстановления ее заданного уровня (Р) по разовому принципу;

– К: С–Р(II) + А–Р(I)-а. На собственной ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем восстановления работоспособности (Р), на сторонней ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем поддержания ее заданного уровня (ТО) по абонементному принципу;

– К: С–Р(II) + А–Р(I)-б. На собственной ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем восстановления работоспособности (Р), на сторонней ПТБ выполняются работы по обеспечению работоспособности ПС путем поддержания ее заданного уровня (ТО) по разовому принципу.

Выбор и анализ стратегии «С» обуславливает рассмотрение суммарных затрат от функционирования ПТБ (зарботной платы работникам, амортизационные отчисления по производственным помещениям и технологическому оборудованию и др.) и от простоев ТС в ожидании ТО или ремонта, вызванных недостаточной мощностью ПТБ.

Из суммарных затрат при реализации стратегии «А» исключены компоненты, связанные с созданием и содержанием ПТБ, однако, необходимо учитывать затраты на транспортирование ТС к месту обслуживания либо ремонта (оплата труда водителя-перегонщика, затраты на ГСМ, шины, повышение продолжительности неиспользования ТС на время перегонки), а так же стоимость заказываемых услуг.

Стратегия «К» подразумевает учет всех указанных компонентов затрат.

Очевидно, существует значительное количество вариантов организации ТО и ремонта подвижного состава, соответственно, стоит задача повышения эффективности функционирования автотранспортного предприятия за счет совершенствования системы ТО и Р ПС на основании выбора оптимальной стратегии ТО и Р и эффективного использования всех ресурсов системы для конкретных экономических и производственных условий.

тигалось упрочнение всей рабочей поверхности образцов на глубину до 1,2 мм при оплавлении поверхностного слоя на глубину до 0,2 мм. С целью повышения поглощательной способности поверхности применяли предварительное травление образцов в водном растворе персульфата аммония. Для повышения скорости теплоотвода образцы в процессе облучения частично были погружены в воду. Отпуск всех образцов проводился ступенчато в диапазоне температур от 75 до 600 °С в течение 2 часов. Одна партия образцов подвергалась лазерной закалке и последующим отпускам. Содержание в ней остаточного аустенита ($A_{ост}$) после ЛО составляло 30 об. %. Вторая партия образцов была подвергнута лазерной закалке, затем обрабатывалась холодом при –196 °С в жидком азоте и подвергалась отпускам. Здесь содержание $A_{ост}$ после ЛО и обработки холодом составляло 5–10 об. %. Измерения интенсивности магнитного шума (МШ) производились разработанными в «ИПФ НАН Беларуси» магнитошумовыми приборами ИМШ и Интримат при оптимальных условиях перемагничивания и анализа МШ.

В работе представлены экспериментальные результаты по влиянию упрочняющих лазерных обработок, последующими обработкой холодом и отпуском на интенсивность МШ. В результате исследований установлено, что при проведении упрочняющей лазерной обработки, формирующей мартенситно-аустенитные структуры в поверхностном слое толщиной от 0,4 до 1,9 мм, по мере роста толщины упрочненного слоя наблюдается снижение уровня МШ. Последующая обработка холодом, повышающая твердость за счет уменьшения количества $A_{ост}$ в закаленной стали, приводит к еще большему снижению уровня МШ. С ростом $T_{отп}$ в интервале от 20 до 600 °С вследствие снижения твердости при увеличении температуры нагрева происходит рост уровня МШ. Особенно интенсивный рост уровня МШ с увеличением $T_{отп}$ наблюдается для образцов, подвергнутых упрочняющей лазерной обработке с последующим охлаждением в жидком азоте, что, возможно, обусловлено тем, что в образцах после обработки холодом содержание немагнитной γ – фазы в 3-6 раз меньше, чем в закаленных образцах. Параллельно выполнялись измерения с помощью коэрцитиметрического метода и вихревого вида неразрушающего контроля. Таким образом, можно заключить, что метод магнитных шумов и разработанную в «ИПФ НАН Беларуси» магнитошумовую аппаратуру можно использовать для оценки характеристик поверхностных упрочненных слоев и качества отпуска в шарикоподшипниковой стали ШХ15 после комбинированной обработки, включающей лазерное упрочнение поверхности с последующей обработкой холодом и отпуском.

Работа выполнена при поддержке совместного проекта «ИМАШ УрО РАН» с «ИПФ НАН Беларуси» и междисциплинарного проекта «ИМАШ УрО РАН» и «ИФМ УрО РАН».

УДК 620.179.14/15/147
ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО ШУМА В ОБРАЗЦАХ СТАЛИ ШХ15
ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УПРОЧНЯЮЩИХ ОБРАБОТОК

В.Н. БУСЬКО, В.Л. ВЕНГРИНОВИЧ, *А.В. МАКАРОВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
*Государственное учреждение
«ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ УрО РАН»
Минск, Беларусь; Екатеринбург, Россия

Высокоуглеродистая хромистая промышленная шарикоподшипниковая сталь ШХ15 является основной для производства подшипников качения. В связи с ее широким распространением, ростом производства и расширением номенклатуры изготовленных из нее изделий, а также повышением требований к их качеству, исследование ее и неразрушающий контроль (НК) являются актуальными. Одним из важных направлений по повышению основных механических характеристик изготовленных из стали изделий является использование различных поверхностных упрочняющих обработок. Так, обработка поверхности изделий поверхностно-пластической деформацией (ППД), обкаткой роликом, алмазным выглаживанием, виброупрочнением приводят к образованию высокопрочных структур. К наиболее перспективным способам повышения прочности и износоустойчивости подшипниковой стали является комбинированная термическая обработка, включающая в себя обработку поверхности изделия лазерным излучением, в результате которой образуется дисперсная структура на основе мартенсита, с возможным последующим низко- или среднетемпературным отпуском и обработкой холодом. Такая комплексная обработка поверхности металла приводит к образованию высокопрочных лазерно-упрочненных слоев (ЛУС) с более высокими, чем до обработки, механическими характеристиками. При использовании различных видов и режимов упрочняющих обработок возникает потребность в обеспечении НК параметров ЛУС. В работе изучалась возможность использования метода магнитных шумов (ММШ) для НК подшипниковой стали, подвергнутой лазерной упрочняющей обработке и последующей обработке холодом до температуры жидкого азота, а также низкотемпературному отпуску. Полученные результаты были сопоставлены с данными других методов НК. Использовались образцы в форме параллелепипеда из подшипниковой стали ШХ15 в количестве 49 штук размерами 7×7×20 мм. Обработка поверхности образцов осуществлялась следующим образом. Торцевые поверхности образцов, предварительно закаленных от 850 °С в масле, отпущенных при 200 °С, шлифовали на глубину 0,5 мм, обрабатывали непрерывным лазерным излучением мощностью 1,7–1,9 кВт. Лазерная обработка (ЛО) осуществлялась в струе гелия для предотвращения окисления поверхности образца. В результате однократного прохода прямоугольным пятном размером (6–8)×0,7 мм при скорости 20–40 м/ч дос-

УДК 629.114.2
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ
ТРАНСМИССИЙ В ДВИЖЕНИИ

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

Техническое состояние зубчатых зацеплений трансмиссий оценивают по суммарному угловому зазору, характеризующему боковой износ зубьев. Для определения суммарного углового зазора в трансмиссии при ее диагностировании в процессе движения, на трансмиссию необходимо подать тестовое воздействие, обеспечивающее выбор зазоров в зубчатых зацеплениях. Таким воздействием может быть торможение двигателем (резкое прекращение подачи топлива в двигатель), при котором на входе трансмиссии создается отрицательный вращающий момент, способствующий уменьшению момента на ведущем валу, в то время как момент от сил инерции вращающихся и поступательно движущихся масс, связанных с ведомым валом, будет способствовать продолжению движения, т.е. выбирать зазоры в противоположном направлении.

Выбор зазора в зубчатых зацеплениях трансмиссии зависит от параметров динамической системы и внешних моментов. Угловой зазор будет выбираться, если замедление ведущего вала будет больше чем ведомого. Из этого условия следует, что выбор суммарного углового зазора в трансмиссии будет зависеть от массы машины, моментов инерции вращающихся масс трансмиссии, связанных с ведущим и ведомым валами, угловой скорости начала торможения двигателем, передаточного числа коробки передач и дорожных условий.

Для оценки возможности диагностирования в процессе движения различных типов трансмиссий по параметрам суммарного углового зазора, рассмотрены три машины, имеющие различные динамические свойства. Это машина ЗИЛ-5301, имеющая механическую трансмиссию, автомобиль-самосвал БелАЗ-7555 и фронтальный погрузчик МоАЗ-4048, имеющих гидромеханическую трансмиссию. Диагностику трансмиссий данных машин в движении целесообразно проводить в тех же дорожных условиях, что и их эксплуатация. Это асфальтобетонная дорога с коэффициентом сопротивления качению $f = 0,015$, гравийная с $f = 0,025$ и грунтовая сухая с $f = 0,035$.

Расчетным путем можно спрогнозировать выбор (либо не выбор) зазора на каждой передаче еще до начала диагностирования, исходя из усло-

вия выбора зазора при движении машины в определенных дорожных условиях, а при необходимости рассчитать требуемый уклон дороги для диагностирования трансмиссии на передаче, на которой зазор не выбирается.

При движении автомобиля на точность определения суммарного углового зазора, как параметра определяющего техническое состояние зубчатых зацеплений, будут влиять упругие элементы в трансмиссии машины. Поскольку определение суммарного углового зазора при диагностировании предусматривает измерение максимального углового перемещения ведущей части трансмиссии по отношению к ведомой, то угловые деформации валов будут идентифицироваться импульсной системой диагностики как составляющие суммарного углового зазора. Это перемещение включает в себя как суммарный угловой зазор, так и деформации упругих элементов при статическом нагружении и при динамическом воздействии, т.е. при ударе. Следовательно, статическую и динамическую составляющие фактических перемещений валов, которые составляют погрешность определения зазора, необходимо учитывать при определении фактического суммарного углового зазора.

Расчеты показали, что фактический суммарный угловой зазор начинает выбираться при нулевом моменте и заканчивается при изменении знака момента. Из этого следует, что для определения фактического значения суммарного углового зазора необходимо производить замер его величины тогда, когда момент в упругом элементе трансмиссии станет равным нулю. Это возможно путем введения дополнительной координаты в алгоритм диагностирования, установив датчик момента на выходной вал трансмиссии, либо учитывать статическую и динамическую составляющие поправочным коэффициентом.

Наиболее предпочтительным является учет погрешности измерения поправочным коэффициентом. Величину статической деформации валов определяют дорожные условия, т.е. коэффициент сопротивления движению. На величину динамической деформации влияет момент от сил инерции ведомой части трансмиссии после выбора суммарного углового зазора при тестовом воздействии на трансмиссию вида «торможение двигателем».

Исследования показали, что на погрешность определения суммарного углового зазора при малых сопротивлениях движению большее влияние оказывает динамическая составляющая деформаций упругих элементов, а при больших – статическая.

Таким образом, исследования показали, что для определения суммарного углового зазора необходимо проводить диагностику в процессе движения с установкой на выходном валу трансмиссии датчика момента, или учитывать погрешность измерения поправочным коэффициентом.

имели размеры $(b \times d)$. Погрешность измерения амплитудного значения индукции составляла не более 1,5 %, магнитных потерь – не более 3,5 %. Дополнительные потери на вихревые токи, обусловленные влиянием пластин, находились как разность между потерями в магнитопроводе, содержащем пластины в зазоре, и без них. Указанные исследования были проведены при использовании медных и алюминиевых пластин. При этом установлено, что расчетные и экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются между собой. Учитывая это, по формуле (1) был проведен расчет дополнительных потерь на вихревые токи, обусловленные влиянием слоя замыкания разрезанных магнитопроводов. В расчете слой замыкания рассматривался как сплошная токопроводящая среда размерами $(b \times d \times l)$ с удельным электросопротивлением кремнистой стали. Расчеты показывают, что, например, при толщине слоя замыкания 20 мкм (что соответствует действительности при порезке в реальных условиях технологии) в магнитопроводе к трансформатору мощностью 1 кВА возникают дополнительные потери при $B_m = 1,5$ Тл около 0,2 Вт/кг.

В работе излагается методика контроля технологии порезки витых магнитопроводов через измерение дополнительных потерь на вихревые токи, обусловленные слоем замыкания. Методика основана на том, что величина вихревых токов и мощность обусловленных ими энергетических потерь зависят не только от площади поперечного сечения проводника, в котором эти токи индуцируются, но и от соотношения образующих его сторон. Действительно анализ выражения (1) показывает, что если не изменяя суммарной площади поперечного сечения слоя замыкания $S = (b \times d)$ разделить его на две изолированные друг от друга части $S = 2S_1 = 2(b \times d/2)$, то суммарные потери на вихревые токи в слое замыкания станут другими. Из выражения (1), в работе получено соотношение значений токовых потерь P_0/P_1 , соответственно, в сплошном слое замыкания и разделенном на две одинаковые части (2):

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{d^2 - 4b^2}{d^2 + b^2} \quad (2)$$

Показана возможность определения дополнительных потерь на вихревые токи, обусловленных влиянием слоя замыкания, через измерение разности значений этих потерь $\Delta P = P_0 - P_1$ в сплошном слое замыкания и разделенном на две равные части. Практически ΔP может быть измерено установкой УМ-ИМПИ как разность удельных магнитных потерь в разрезанном магнитопроводе со сплошным слоем замыкания и разделенном затем на равные части. Такое разделение слоя замыкания, учитывая его незначительную толщину (не более нескольких десятков микрометров) можно легко осуществить, не нарушая целостности магнитопровода, например, химическим протравливанием или процарапыванием.

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

Технологической операцией, весьма существенно влияющей на магнитные характеристики витых магнитопроводов, является их порезка, которая осуществляется обычно абразивными дисками. Известно, что поверхностный слой металла на торцах разрезанных магнитопроводов, благодаря механической обработке, отличается по своим физико-механическим, в том числе магнитным свойствам от остальной их части. Связано это с тем, что в процессе резания происходит упруго-пластическая деформация приповерхностных слоев, вызванная деформирующими усилиями и высокими температурами, возникающими при резании. Дополнительно к сказанному на торцах разрезанных магнитопроводов появляется, благодаря заусенцам, электрический контакт между витками ленты, образуя своего рода «слой замыкания», в котором при перемагничивании сердечника могут индуцироваться вихревые токи значительной величины. В работе проведен расчет потерь на вихревые токи в слое замыкания и анализ его влияния на удельные магнитные потери в разрезанных магнитопроводах в целом. При расчете потерь на вихревые токи слой замыкания рассматривался как сплошная токопроводящая среда объемом $(b \times d \times l)$ и удельным сопротивлением материала ρ . Здесь $(b \times d) = S$ – площадь поперечного сечения разрезного магнитопровода, l – толщина слоя замыкания, определяемая длиной заусенцев. Полученное в результате расчетов выражение (1) характеризует зависимость потерь на вихревые токи в токопроводящей пластине объемом $(b \times d \times l)$ от частоты перемагничивания f , амплитуды магнитной индукции B_m и удельного электросопротивления материала ρ :

$$P = \frac{k^2 f^2 B_m^2 l}{\rho} \cdot \frac{S^3}{d^2 + b^2} \quad (1)$$

Выражение (1) для потерь на вихревые токи исследовалось экспериментально. Для этого пластины из проводящего материала с известным удельным электросопротивлением помещались между частями разрезанного магнитопровода и на магнитоизмерительной установке УМ-ИМПИ измерялись в нем удельные магнитные потери при индукции материала 1,5 Тл и частоте перемагничивания 50 Гц. При этом, стороны пластин, расположенные в плоскости поперечного сечения магнитопровода,

В.А. ТАШБАЕВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Одним из актуальных направлений развития путевой техники является создание машин на комбинированном рельсо-пневмоколесном ходу. Такой подвижной состав обеспечивает высокую мобильность и универсальность в эксплуатации, поскольку приспособлен к использованию различного технологического оборудования. Такая техника может быстро заходить на путь и сходиться с него в нулевых местах, благодаря чему не создает препятствий движению поездов.

Навесное оборудование комбинированного хода может устанавливаться на серийные автомобили, тракторы и специальные шасси для обеспечения их движения по рельсовому пути колеи 1520 и 1435 мм без снятия пневмоколес. Конструкция навесного оборудования позволяет монтировать его в полевых условиях, устанавливать пневмоколесное транспортное средство на рельсовый путь (на переездах и в нулевых местах), а также переводить его с одной колеи на другую. Установка навесного оборудования не снижает скорости движения транспортных средств по автодорогам, однако, их возможности на бездорожье при этом несколько уменьшаются вследствие незначительного ухудшения геометрической проходимости. Пневмоколесные транспортные средства на комбинированном ходу развивают тяговое усилие за счет сцепления ведущих пневматических колес с рельсами.

Повышение надежности пневмоколесных транспортных средств на комбинированном пневмоколесно-рельсовом ходу является неотъемлемой частью процесса по разработке и созданию машин, предназначенных для использования в качестве локомотива для маневровых и поездных работ, а также мобильного энергонасыщенного носителя оборудования по содержанию и ремонту автомобильных дорог и железнодорожных путей.

При эксплуатации созданных машин данного типа можно отметить некоторые особенности существующих конструкций механизмов комбинированного хода. В частности, передняя стойка комбинированного хода, установленная на шасси МАЗ-6303, испытывает достаточно большие нагрузки, обусловленные большой базой и массой данного шасси. Нагрузки не являются критическими, однако, ресурс узла значительно сокращается.

С целью увеличения долговечности конструкции в базе выбранного шасси устанавливается железнодорожная двухосная тележка, состоящая из

сваренных между собой швеллеров, осей и катков механизма железнодорожного хода, которая более равномерно распределяет нагрузки и увеличивает ресурс конструкции. Место установки тележки выбирается при помощи разработанной программы, позволяющей в зависимости от марки выбранного шасси, базы и нагрузок на оси, найти наиболее оптимальное сечение (место) для установки передней тележки комбинированного хода. Созданная программа, просчитывает любое сечение рамы, выбранного шасси, и определяет усилия, действующие на раму шасси и на приводную тележку. Сущность программы заключается в поиске наименее нагруженного сечения на раме транспортного средства, при котором изгибающие моменты, действующие на все гидроцилиндры опорно-направляющей тележки комбинированного хода, будут приблизительно равны. Строятся аналитические диаграммы зависимостей, позволяющие определять нагрузочные факторы, реакции в опорах и изгибающие моменты в зависимости от модели выбранного шасси и расстояния от передней оси шасси. В результате модернизации данного узла, осевая нагрузка уменьшается вдвое.

Разработанная конструкция передней опорно-направляющей тележки комбинированного хода, а также программа по оптимизации места установки данной тележки на раме базового шасси позволяют значительно продлить ресурс комбинированного хода, а, следовательно, снизить затраты на ремонт машин данного типа.

УДК 681.7.068

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НА ОСНОВЕ МЕЖМОДОВОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

В.И. БОРИСОВ, И.В. ШИЛОВА

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

Разработка новых типов и конструкций первичных преобразователей является актуальной задачей, так как они обеспечивают качественные характеристики приборов неразрушающего контроля, использование которых позволяет во многом решить задачу создания высококачественных материалов и изделий.

Особое место среди оптических датчиков занимают волоконно-оптические датчики различных физических полей. Наиболее перспективным представляется использование волоконных световодов не для передачи излучения, а в качестве первичных преобразователей, когда измеряемое физическое поле непосредственно воздействует на отрезок волоконного световода, являющийся чувствительным элементом датчика. Одним из типов высокочувствительных первичных преобразователей являются интерферометрические волоконно-оптические датчики.

Авторами проводились экспериментальные исследования по возможности использования многомодовых волоконных световодов с наведенной анизотропией в качестве датчиков различных величин, связанных с механической деформацией волоконного световода в направлении, перпендикулярном его оси. С этой целью световод возбуждался линейно-поляризованным излучением. На выходе световода устанавливался анализатор, ось которого была скрещена с осью поляризатора, через который возбуждался световод. Эксперименты показали, многомодовый волоконный световод деполаризует линейно-поляризованное излучение. При изменении степени наводимой анизотропии с помощью грузов не наблюдалось регулярного поворота плоскости поляризации, характерного для одномодовых волоконных световодов. А это не позволяет использовать явление наведенной анизотропии в многомодовых волоконных световодах для создания датчиков физических полей с применением преобразования поляризации возбуждающего световод излучения.

Для выявления возможности использования многомодовых волоконных световодов в качестве датчиков и повышения их чувствительности при регистрации сигнала в одном пятне спекл-структуры были проведены измерения величины сигнала в одном пятне при изменении нагрузки на боковую поверхность волоконного световода. В работе приведен анализ работы волоконно-оптического датчика на основе межмодовой интерференции, обсуждаются результаты исследований его работы.

УДК 620.179.15
РАДИВОЛНОВОЙ ДАТЧИК ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА СВЯЗАННЫХ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВЧ-ВОЛНОВОДАХ

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

Диэлектрические связанные волноводы достаточно широко применяются в волоконной и интегральной оптике для изготовления разветвителей и модуляторов оптического излучения. Они также применяются для создания волоконно-оптических датчиков различных физических величин. Но в задачах радиоволнового неразрушающего контроля такие датчики используются недостаточно, несмотря на то, что они реализуют фазовый метод контроля, являющийся самым чувствительным. Использование же диэлектрических СВЧ-волноводов для создания интерференционных датчиков дает возможность расширить область их применения, по сравнению с аналогичными датчиками на основе металлических СВЧ-волноводов, так как диэлектрические СВЧ-волноводы дают возможность использования эванесцентных волн, которые распространяются не только по диэлектрическому волноводу, но также и в воздушной среде, окружающей волновод. Глубина проникновения их в граничную среду составляет расстояние порядка длины волны излучения, распространяющегося по волноводу.

В работе исследованы возможности использования двухлучевых СВЧ-интерферометров Маха-Цандера в качестве датчиков перемещения. Интерферометр содержал два связанных диэлектрических СВЧ-волновода прямоугольного сечения размерами 2×5,3 мм из винипласта. Для того чтобы интерферометр работал на линейном участке градуировочной характеристики длина одного волновода была 32,8 см, а второго – 32,95 см. В качестве источника СВЧ-излучения использовался генератор Г4-142, работающий на частоте 40 ГГц. Возбуждение волн в интерферометре осуществлялось путем расположения входного участка обоих волноводов интерферометра в выходном металлическом волноводе СВЧ-генератора. Регистрация сигнала на выходе интерферометра проводилась с помощью детекторной секции, в металлический волновод которой были вставлены выходные концы обоих диэлектрических волноводов интерферометра.

Принцип работы датчика перемещения заключается в том, что при приближении к одному из диэлектрических волноводов контролируемого объекта происходит фазовый сдвиг СВЧ-волны, что приводит к расстройке интерферометра. В экспериментах использовались диэлектрические и металлические объекты. В работе обсуждаются результаты экспериментов.

УДК 662.6/8
ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО
НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ

В.С. ТОВСТЫКА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»
Горки, Беларусь

При использовании смесевых видов топлива на основе рапсового масла достаточно интересно определить наиболее приемлемые интервалы частот вращения и режимы работы дизеля с точки зрения получения наибольшей эффективности.

Поскольку проведение испытаний при всех допустимых нагрузках, частотах вращения коленчатого вала дизеля и при использовании смесевых топлив различных составов не представляется возможным, в исследованиях было реализовано планирование эксперимента.

Для определения оптимальных нагрузочных и скоростных режимов работы дизеля Д-245.5S2, обеспечивающих максимум эффективного КПД и наименьшее содержание в ОГ сажи и оксидов азота, в исследованиях был реализован полный трехфакторный эксперимент для трех уровней варьирования. Факторы и уровни их варьирования приведены в табл. 1. Опыты проводились в четырёхкратной повторности. Для облегчения последующего анализа уравнений регрессии, значения факторов X_i кодировались по формулам 1–3.

Табл. 1. Уровни варьирования факторов при реализации полного трехфакторного эксперимента

Кодированное значение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов		
		-1	0	+1
X_1	Крутящий момент на валу двигателя $M_{кр}$, Н·м	38,2	189,09	378,18
X_2	Частота вращения коленчатого вала n , мин ⁻¹	1200	1400	1800
X_3	Содержание рапсового масла в топливе k , %	0	20	40

$$\tilde{\alpha}_1 = \frac{\tilde{\alpha}_1 - 38,2}{191}, \quad (1)$$

$$\tilde{\alpha}_2 = \frac{\tilde{\alpha}_2 - 1200}{200}, \quad (2)$$

$$\tilde{\alpha}_3 = \frac{\tilde{\alpha}_3}{20}. \quad (3)$$

Эффективность теплоиспользования в дизеле, работающем на различных топливах можно оценить по величине эффективного коэффициента полезного действия (КПД). Однако, в настоящее время, важным является вопрос загрязнения окружающей среды, а двигатели внутреннего сгорания являются одними из источников выбросов вредных веществ в атмосферу. Отработавшие газы дизелей содержат более одной тысячи компонентов различной концентрации и токсичности. Нормированию подлежат четыре из них: твёрдые частицы, окислы азота (NO_x), оксид углерода (СО) и углеводороды СН. В ОГ дизельных двигателей концентрации оксидов углерода и углеводородов значительно ниже, чем у бензиновых, однако, дизеля в больших количествах выбрасывают оксиды азота и твердые частицы (в основном сажу).

Поэтому в исследованиях при планировании эксперимента в качестве критериев оптимизации были выделены такие показатели, как эффективный КПД, содержание в ОГ сажи и оксидов азота.

После реализации плана эксперимента и раскодирования факторов были получены следующие уравнения регрессии, описывающие критерии оптимизации:

$$Y_{C, \%} = 84,343979 + 68,64087 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 - 0,1160745 \cdot X_2 - 13,5082 \cdot 10^{-3} \cdot X_3 - 6,0134 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_2 - 92,8358 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_3 - 1,1905 \cdot 10^{-5} \cdot X_2 \cdot X_3 + 26,5571 \cdot 10^{-5} \cdot X_1^2 + 3,9467 \cdot 10^{-5} \cdot X_2^2 + 36,1111 \cdot 10^{-4} \cdot X_3^2$$

$$Y_{\text{КПД}} = 0,018832939 + 219,6554 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 + 10,2188 \cdot 10^{-5} \cdot X_2 - 12,6394 \cdot 10^{-5} \cdot X_3 - 13 \cdot 10^{-8} \cdot X_1 \cdot X_2 - 27,859947 \cdot 10^{-8} \cdot X_1 \cdot X_3 + 23,05475 \cdot 10^{-8} \cdot X_2 \cdot X_3 - 322,7 \cdot 10^{-8} \cdot X_1^2 - 3,361925 \cdot 10^{-8} \cdot X_2^2 - 470,7 \cdot 10^{-8} \cdot X_3^2$$

$$Y_{\text{NO}_x, \%} = -1211,986928 + 4,874189042 \cdot X_1 + 1,772348343 \cdot X_2 - 0,262434727 \cdot X_3 - 9,86462 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_2 + 22,52943 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_3 - 10,29761 \cdot 10^{-4} \cdot X_2 \cdot X_3 - 47,17469 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^2 - 6,11226 \cdot 10^{-4} \cdot X_2^2 + 58,125 \cdot 10^{-3} \cdot X_3^2$$

При проверке соответствия полученных моделей опытным данным по F -критерию Фишера (вероятность $p = 0,95$) был сделан вывод, что модели адекватно описывают реальный процесс.

Данные модели могут быть использованы для анализа рабочего процесса дизелей при использовании дизельного топлива с добавкой рапсового масла.

$$\left\{ \frac{dU_z}{d\{x, y\}}, \frac{dU_z}{dz} \right\} << \frac{dU\{x, y\}}{d\{x, y\}} \Big|_{z < h}; U_z << \{U_x, U_y\}, \quad (2)$$

где $\frac{dU_z}{dz}$ и U_z терпят разрыв на границе $z=h$.

Используя реологический закон течения звукопроводной жидкости в контактном зазоре и пренебрегая инерционными силами, получены решения задачи для определения времени установки ПЭП τ на исследуемый объект в случае рассмотрения наиболее простой конфигурации рабочей поверхности (РП) преобразователя – в виде круга, кольца, вытянутой пла-

стины: $\tau \sim FA(n) h_1^{-\frac{n+1}{n}}$, где F – фактор формы – максимальный для круга. Показано, что в большинстве практических случаев величина τ определяется конечным положением ПЭП, где h_1 составляет десятки мкм. Так, при $h_0/h_1 > 5$ погрешность в определении h_1 не превышает нескольких процентов. Использование полученных решений позволяет с достаточной для практики степенью точности оценить время переходного процесса τ и для более сложных конфигураций РП.

В работе проанализированы пути снижения времени переходного процесса и показано, что наиболее оптимальный путь заключается в использовании «метода гидродинамического шунтирования» (МГШ), что связано с выполнением проточек на РП. В результате получена система уравнений предназначенная для расчета оптимальных размеров и расположения проточек. При этом представляется возможным на порядок и более снизить время переходного процесса, а также повысить надежность и производительность измерений. Используя (1), получены зависимости амплитуды сигнала сдвиговых волн от толщины щелевого зазора, заполняемого контактной жидкостью при прохождении УЗК в прямом и обратном направлении.

E-mail: baev@iaph.bas-net.by

А.Р. БАЕВ, О.С. СЕРГЕЕВА, В.В. ПАРАДИНЕЦ, Н.Н. ГИЛЬ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Один из путей повышения чувствительности и надежности акустических методов контроля и измерений связан с использованием горизонтально поляризованных сдвиговых или поперечных волн (НТВ), вводимых в объект под углами $\alpha=0-\pi/2$ как для выявления дефектов со слабой отражающей способностью, так и определения физико-механических характеристик поверхностного слоя материалов. Одна из проблем реализации методик на основе НТВ связана с необходимостью создания высококачественного акустического контакта за минимально возможное время τ . Уравнение, описывающее функцию прохождения акустического сигнала при работе наклонного пьезопреобразователя (ПЭП) в совмещенном режиме, может быть представлена в виде:

$$\Xi = \Xi_0 \Xi_1 = P_0 D^* \exp[-2 \sqrt{\pi \nu \rho / \eta_s} h (\cos \alpha')^{-1}] \Xi_1, \quad (1)$$

где Ξ_1 – отвечает за прохождение сигнала по металлу и обратно до контактного зазора; $D^*=D^*(Z_i, \beta, kh)$ – коэффициент звукопрозрачности границы ПЭП ($i=1$)-контактная жидкость (КЖ) ($i=2$)-металл ($i=3$); Z_i – импедансы контактирующих сред; $k=[\pi \nu \rho / \eta_s]^{-1/2}$ – волновой вектор в КЖ; $\alpha'=\arcsin(C_1/C_2)$; $C_2=2(\pi \eta_s \nu / \rho)^{-1/2}$. Увеличение Ξ_0 непосредственно связано с использованием высоковязких реологических сред, что существенно сказывается на производительности контроля. В работе исследованы переходные акусто-гидродинамические процессы при установке ПЭП на исследуемый объект с неньютоновской КЖ, напряжение сдвига в которой является функцией градиента скорости. Если начальная высота расположения ПЭП над плоской поверхностью объекта h_0 , а конечная h_1 , то время перемещения преобразователя из положения h_0 в положение h_1 с нормальной скоростью u равна $\tau = \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{U(h)}$. Для описания движения реологической

среды в тонком щелевом зазоре воспользуемся приближением смазочного слоя, положив квазиустановившимся режим течения жидкости в данный промежуток времени Δt при изменении высоты слоя на величину $\Delta h \ll h$. При этом пренебрегаем квадратичными по скорости движения членами. Для указанного приближения смазочного слоя справедливы неравенства:

О.А. ШАПОВАЛОВА, В.П. ТАРАСИК, В.В. РЕГИНЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Переключение передач в гидромеханической передаче (ГМП) осуществляется посредством многодисковых фрикционов, управляемых электрогидравлической исполнительной системой. В серийных ГМП карьерных самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 45–60 тонн управление переключением передач осуществляется посредством электрогидравлических распределителей дискретного типа, которые обеспечивают лишь изменение направления потока жидкости. В качестве устройства регулирования давления в двуполостном гидроцилиндре выступает клапан плавности. Его недостатком является постоянство характеристик регулирования давления и невозможность их адаптации в процессе эксплуатации.

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета совместно с НТЦ ОАО «Белорусский автомобильный завод» разработана мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей (МСАУ ГМП). В ГМП, оборудованной МСАУ, управление фрикционами при переключении передач и блокировании гидротрансформатора производится посредством электрогидравлических пропорциональных клапанов, которые осуществляют управление процессами включения и выключения фрикционов и регулирование давления в гидроцилиндрах фрикционов по командам электронного блока управления. Параметры алгоритма управления фрикционами выбраны из условия обеспечения переключения передач без разрыва потока мощности и плавного изменения моментов трения фрикционов. Поэтому фрикционы, осуществляющие переключение передач в ГМП, должны быть адаптированы к совместной работе с электрогидравлическими пропорциональными клапанами и электронным блоком управления.

В процессе проведенного комплекса исследований, разработана конструкция фрикционов переключения передач ГМП. Основные технические решения, принятые в разработанной конструкции: гидроцилиндр фрикциона выполнен с одной рабочей полостью, обеспечивающей однозначную зависимость между управляющим сигналом давления на выходе ЭГПК и усилием сжатия фрикционных дисков, определяющим характер регулирования момента трения фрикциона; в гидроцилиндре установлен шариковый клапан слива.

УДК 629.114.2
 МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОФИЛЯ ДОРОГИ В ПАКЕТЕ
 ПРОГРАММ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Э.И. ЯСЮКОВИЧ, О.Э. ЯСЮКОВИЧ

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

Значительного сокращения затрат на экспериментальные исследования колесных машин можно достичь заменой некоторых их видов виртуальными испытаниями, в основе которых лежит осуществляемое в условиях, близких к естественным, имитационное моделирование. Программные средства моделирования в этом случае должны содержать модуль формирования воздействий внешней среды, к которым относятся и неровности микропрофиля опорной поверхности. Эти воздействия носят случайный характер, но для каждой категории дороги известны корреляционная функция их воздействий и значения коэффициентов аппроксимирующего ее выражения.

Авторами предлагается методика, позволяющая создать во внешней памяти компьютера файл микропрофиля опорной поверхности в виде двух реализаций, каждая из которых содержит записанные через 0,05 м пути последовательности ординат его неровностей на отрезке длиной в 1000 м. Методика содержит математическое и программное обеспечения. Математическое обеспечение представлено зависимостями ординат неровностей дороги от пути, которые формируются с учетом моделируемых нормальнораспределенных псевдослучайных числовых последовательностей.

Программное обеспечение реализовано в виде процедуры, позволяющей сформировать по исходным данным текстовый файл, содержащий две реализации микропрофиля, а также процедуры вычисления основных статистических характеристик, корреляционной функции и спектральной плотности каждой из названных реализаций.

Анализ результатов моделирования проводился путем сопоставления рассчитанных по смоделированным реализациям корреляционных функций с корреляционными функциями, полученными по исходным аппроксимирующим выражениям. При анализе результатов использовались также основные статистические характеристики и спектральные плотности.

Проведенный сравнительный анализ моделирования показал хорошее качество моделируемого микропрофиля. В связи с этим, разработанная методика может быть использована для формирования входных воздействий от дорожных неровностей при моделировании и исследованиях динамики колесных машин.

при $\varphi_{0n} \leq \varphi \leq \varphi_{0n} + 2\pi\epsilon$ и $\delta_n = 0$ при $\varphi_{0n} + 2\pi k \leq \varphi \leq \varphi_{0n}$. Предполагаем, что $A_n(\alpha) = 0$ при $\arcsin \eta_{nR} \geq 90^\circ - \alpha$; $\varphi_{0n} = \arcsin [(a_n (\sin \alpha - \sin \alpha_0) + R^* (1 - \sqrt{1 - \eta_{nR}^2}) (\cos \alpha - \cos \alpha_0))]; a_n = \frac{3\pi(2n - n_0 - 1)}{n_0 - 1}$.

На основе проведенных расчетов выявлены закономерности изменения диаграммы направленности продольных и поперечных мод для различных углов ввода в объекты, включая угол $\alpha_0 = \alpha_0(\tau_i) = 0,5\pi$. Сопоставление данных расчета полей подповерхностных волн, возбуждаемых ЛИВ, с экспериментальными данными показало их неплохое соответствие.

Необходимо отметить, что в ряде случаев, когда требуется обеспечить стабильный ввод УВ, обеспечить широкополосность для вводимого в объект сигнала, могут быть применены магнитные жидкости (МЖ) – класс высокоустойчивых коллоидных растворов, управляемых магнитным полем. Проведен анализ особенностей возбуждения звука лазерным излучением в зависимости от внешнего магнитного поля, концентрации магнетика в коллоиде q и дисперсионной основы – органической и неорганической. Выведена формула для функции оптоакустического преобразования света в звук Y_{LS} в зависимости от состава коллоида, упругих и теплофизических свойств компонентов, а также контактирующих с МЖ сред. Проведены экспериментальные исследования и получена зависимость Y_{LS} от указанных выше факторов. Показано, что независимо от дисперсионной основы $Y_{LS}(q)$ имеет глобальный максимум при некотором характерном значении q^* , которые определяется свойствами входящих в раствор компонентов.

Рассмотрена принципиальная возможность использования МЖ для определения размеров поверхностных трещин, для контроля толщины тонкостенных изделий с $h < 0,5$ мм и радиусом кривизны $\pm 1,5$ см. В последнем случае используется комбинированное устройство, в котором возбуждение УВ осуществляется лазерным импульсом, а прием – высокочастотным ПЭП.

E-mail: baev@iaph.bas-net.by

А.Р. БАЕВ, А.Л. МАЙОРОВ, В.Г. ГУДЕЛЕВ, Д.А. КОСТЮК
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Несмотря на большое число публикаций, посвященных разработке методов импульсно-лазерного контроля в технике акустических измерений, ряд важных для практики вопросов требуют тщательного анализа и исследования. В настоящей работе рассмотрены особенности формирования акустических полей с помощью системы лазерных источников применительно к возбуждению упругих волн (УВ) в объектах как с плоской, так и криволинейной поверхностью радиуса $0 \leq R^* = R/\lambda > 0$, где λ – длина возбуждаемой моды. Показано, что в ряде случаев для повышения эффективности измерений и организации «доабляционного» режима возбуждения УВ могут быть применены магнитные жидкости, управляемые внешними полями.

Используя выражения $\Phi(\alpha)$ для элементарных источников звука, было проведено численное моделирование полей излучения лазерных систем с управляемой фазовой задержкой φ_n между лазерными источниками волн (ЛИВ). Предполагается: длительность акустического импульса (обезразмеренная) составляет $\tau = 2\pi k$, где k – число периодов волны в импульсе, равное $0,5 - \infty$, а количество ЛИВ варьируется от $n_0 = 2$ до 14; ширина – $d_i \ll \lambda$, а их длина $L \gg 2a_0$, где $2a_0$ – поперечный размер области излучения. Проведен расчет параметров $\Phi(\alpha)$, определяемой для ЛИВ при различных углах ввода α_0 в объекты с цилиндрической и плоской поверхностью, когда линейные источники звука расположены вдоль образующей цилиндра. При этом вводится дополнительная временная (фазовая) задержка, учитывающая кривизну объекта:

$$\Phi(\alpha, \alpha_0) = \sum_{n=1}^{n_0} A_n(\alpha, \alpha_0) \delta_n \exp[-i(\varphi + \varphi_{0n})] f_n(r),$$

где $A_n(\alpha, \alpha_0)$ – угловой коэффициент амплитуды элементарного источника (ЭИ), зависящий от режима возбуждения акустического импульса, угла наблюдения и безразмерного геометрического параметра $\eta_{nR} = a_n/R^*$, где a_n – безразмерная координата положения ЭИ; $f(r)$ – функция ослабления волны с расстоянием; $\delta_n = \delta_n(\varphi)$ – ступенчатая функция (функция Хэвисайда): $\delta_n = 1$

Н.Н. БАРАНОВ, Т.В. ДУБЕЛЕВИЧ, Е.С. МОРОЗ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Подземные трубчатые и пластовые дренажи представляют собой искусственные сооружения для понижения уровня грунтовых вод и осушения водоносных пластов на застроенных территориях, защиты от затопления строительных котлованов и подвальных помещений.

Прифундаментные наружные дренажи защищают от подтопления грунтовыми водами подвалы, расположенные на водоупорах или в толще глинистых пород. Уложенные в уровне подошвы фундаментов дренажные трубы с обрамляющей присыпкой перехватывают инфильтрационные и скапливающиеся в обратной засыпке пазух воды и отводят их за пределы сооружения. Для повышения водозахватывающей способности на откосах котлована перед засыпкой пазухов применяют укладку песчаных слоев, сопрягаемого с дренажем.

Укладка трубчатых дрен с присыпкой может быть выполнена внутри подвала после устройства фундамента. Для сохранения эффекта дренирования грунтов, засыпки пазух применяют прерывистую укладку фундаментных плит с заполнением свободных объемов песчано-гравийной смесью.

В трубчатых дренах устраиваются водоприемные проходы, посверленные отверстия диаметром d_0 $T = 2-8$ мм или нарезаются щели шириной $t_0 = 3-6$ мм. Водоприемными проходами в керамических трубах служат зазоры на стыках звеньев. Их суммарная площадь принимается в пределах нескольких процентов от общей (до 3–5 %).

Труба обрамляется фильтрующей песчано-гравийной присыпкой слоями толщиной 150–200 мм. Материал присыпки не должен содержать частиц размером $D < 0,1$ мм более 3–5 % по массе.

Состав обрамляющих присыпок устанавливают по размеру прохода и коэффициенту неоднородности $U = D_{60}/D_{10}$ (D_{60} и D_{10} – диаметры тех частиц, которых содержится более 60 % и 10 % по массе). Условие непросыпаемости представлено зависимостью формы (круг, щель) от коэффициента неоднородности.

Соответствие подобранного грансостава дренируемому грунту устанавливается с помощью графической зависимости $D_{50}/d_{50} = f(u)$ по рассчитываемым граничным логарифмическим кривым (D_{50} и d_{50} – средние диаметры присыпки и защищаемого грунта).

На практике необходимо оценивать пригодность имеющегося карьерного материала для использования в качестве присыпки. С этой целью определяют отношение D_{50}/d_{50} и значения $U = D_{60}/D_{10}$.

Э.И. БАТЯНОВСКИЙ, И.А. ЛЕОНОВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

На фасадные элементы строительных конструкций действует комплекс эксплуатационных факторов, эффект от воздействия которых значительно сложнее, чем от каждого фактора в отдельности с последующим суммированием. Совместное воздействие активных сред, механических напряжений, переменного замораживания и оттаивания, приводит к интенсификации деструкции материала, для снижения которой необходимо повышать его прочностные показатели, плотность и водонепроницаемость. Немаловажным фактором для облицовочных плит и ограждающих панелей является минимизация их веса, влияющая на материалоемкость, теплопроводность и экономическую эффективность всей конструкции. Можно привести и другие примеры взаимоисключающих факторов, которые делают достижение оптимального состава облицовочного материала для заданных целей многовариантным.

Соответствие свойств материала требованиям условий эксплуатации в математическом виде может быть представлено формулой :

$$\{\{C_m\} \cup \{C_\phi\} \cup \{C_{\phi x}\}\} \in \{\{P\} \cup \{\Phi\} \cup \{X\}\},$$

где $\{C_m\}$ – подмножество механических свойств; $\{C_\phi\}$ – подмножество физических свойств; $\{C_{\phi x}\}$ – подмножество физико-химических свойств; $\{P\}$ – подмножество механических нагрузок; $\{\Phi\}$ – подмножество физических факторов; $\{X\}$ – подмножество физико-химических воздействий.

Каждое из подмножеств $\{C_m\}$, $\{C_\phi\}$, $\{C_{\phi x}\}$, $\{P\}$, $\{\Phi\}$, $\{X\}$ содержит определенный набор элементов, совокупность которых необходима и достаточна для объективной характеристики работоспособности материала исследуемых облицовочных плит и панелей.

Работа по созданию материала, полностью соответствующего указанному выражению, требует значительных экспериментальных исследований при соответствующих материальных и временных затратах. Нахождение идеального решения такой многокомпонентной закономерности невозможно, требуется компромисс при согласовании свойств.

хода. Если $\phi \rightarrow 0$, то $P_{RT} \rightarrow \gamma_0$, а на выходе радиусного перехода при $\phi \rightarrow \pi/2$
 $P_{RT} \rightarrow K_{RT} P_{R0} \gamma_0 \exp(-\gamma r * \pi/2)$.

Как показали первые опытные данные, структура поля, измеренная на стальных образцах с выступом, зависит от положения самого преобразователя поверхностной волны и в ряде случаев может существенно отличаться от расчетной. Оказывается, что при возбуждении RW моды одновременно излучается и подповерхностная STV мода, которая всего на 8 – 9 дБ меньше базовой – RW моды. Т.е., вклад STV моды в суммарное поле может быть весьма значительным. И чем дальше ПЭП отстоит от РП, тем меньше влияние «дополнительного источника» на результирующее поле в объеме выступа. (При изменении расстояния до выступа изменяется также и сдвиг фаз между волной Рэлея и STV модой). Следует отметить, что для эффективного взаимодействия «базовой» и «дополнительной» моды необходимо, чтобы разница фаз $\Delta\psi$ в точке наблюдения не превышала $2\pi m_0$, где $m_0 \sim 3-4$. На основании проведенного анализа и экспериментальных исследований усовершенствована теоретическая модель формирования результирующего акустического поля, находящаяся в хорошем качественном соответствии с данными эксперимента при $r^* < 1-2$.

Исследования показали высокую эффективность использования краевых волн, возбуждаемых RW преобразователями, для выявления вертикально ориентированных дефектов, как в плоскости, проходящей через контактную поверхность, так и в окрестности ее.

E-mail: baev@iaph.bas-net.by

А.Р. БАЕВ, М.В. АСАДЧАЯ, О.С. СЕРГЕЕВА, Л.М. СМОВЖ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Значительное число объектов теплоэнергетики, химического машиностроения и других отраслей промышленности часто имеют различные выступы, радиусные переходы (РП) сопрягаемых поверхностей и другие изменения профиля поверхности, что затрудняет их контроль при одностороннем доступе. Для этих целей эффективны методы, основанные на использовании поперечных подповерхностных (STV) волн. Как показано, при этом наряду с основной модой возбуждается и высокоинтенсивная волна Рэлея (RW), являющаяся источником краевых волн. В настоящей работе представлены результаты исследования возможностей использования сугубо волны Рэлея для контроля объектов с выступами и радиусными закруглениями. Для этого случая проведен теоретический анализ акустического тракта ультразвукового дефектоскопа и выполнен комплекс экспериментальных исследований в диапазоне частот $f = 1-5$ МГц и радиусов перехода 0-9 мм.

Положим $r' = r/\lambda_R > 4-5$. Тогда, используя уравнения энергетического баланса применительно к случаю трансформации поверхностной моды в краевые, а также учитывая радиальное направление излучения объемных мод на элементарном участке поверхности РП $dl = r d\varphi$, получим

$$dW_R/dt = C_R dW_R/dl = -K(C_T U_T + C_L U_L) = C_T U_T (1 + \delta),$$

где $W_R = \int_{r+\Delta r}^r U_R dr$ – энергия поверхностной моды в объеме тела, заключенного в области $\{r=r_0, r=r_0+\Delta r\}$ для участка l единичной длины и с характерной глубиной локализации энергии RW $\Delta r \ll r_0$; $U_R = U_R(r, \varphi)$, $U_T(r, \varphi)$ и $U_L(r, \varphi)$ – плотности энергии потока RW, STV и продольной моды, соответственно, в окрестности поверхности РП; $\delta = C_L U_L / C_T U_T$. При этом нормализованная зависимость амплитуды переизлучаемой моды $P_T^* = P_T(\varphi) / P_{T0}$ может быть представлена в виде:

$$P_T^* = K_{RT} r_\lambda \sqrt{\gamma_\lambda(r^*, \kappa)} P_{R0} \exp(-\gamma r^* \phi \pi / 2),$$

где γ – коэффициент ослабления амплитуды PR на длину рэлееской волны, причем величина его является убывающей функцией от $r' = r_0 / \lambda_R$, которая при $r' \rightarrow \infty$ стремится к нулю быстрее, чем кривизна радиусного пере-

Авторы выбрали стратегию разработки материала, согласно которой состав материала оптимизируется по информативному признаку, которому придается определяющее значение. Выбор наиболее важного признака или свойства производится на основе анализа особенностей эксплуатации и назначения изделий из данного материала. Из тех составов, у которых этот признак максимальный, отбираются варианты с удовлетворительным набором других параметров. Если часть свойств оказывается ниже требуемого уровня, то производится соответствующая корректировка состава.

Исследуемые мелкозернистые фибробетоны, находясь под воздействием изменяющихся температурно-влажностных условий и механических воздействий статического и ударного характера при транспортировке, монтаже и эксплуатации, испытывают, в основном, деформации растяжения и сжатия, возникающие при изгибе панели или плиты. В связи с тем, что для бетонов сопротивление растяжению является критическим свойством, прочность на растяжение при изгибе принята в качестве основного параметра оптимизации.

На следующем этапе исследований, другие свойства материала определяются для составов, у которых основополагающий признак максимален. Корректирование составов производится с целью достижения требуемых эксплуатационных показателей по основным свойствам материала, причем, предварительный запас прочности на изгиб должен обеспечить возможное снижение основного параметра в пределах допустимых границ.

Основные компоненты бетона (вяжущее и заполнитель) выбирались на основе рекомендаций по составам мелкозернистых бетонов и предлагаемой номенклатуре материалов ближайших производителей. Пределы изменения водоцементного отношения выбирались на основе известных эмпирических соотношений с последующим корректированием для достижения требуемой удобоукладываемости. Пластифицирующие и адгезирующие добавки, материалы для дисперсного армирования и их процентное содержание выбирались на основе анализа рекомендаций производителей, литературных данных, экономической целесообразности и результатов проведения предварительных однофакторных экспериментов.

Учитывая многокомпонентный состав бетона, планирование экспериментов осуществлялось математико-статистическими методами с последующей проверкой адекватности модели по критерию Фишера.

Э.И. БАТЯНОВСКИЙ, И.А. ЛЕОНОВИЧ, А.А. ЛЕОНОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

Исследуемый мелкозернистый фибробетон имеет многокомпонентный состав, включающий гидравлическое вяжущее ПЦ 500 Д0, кварцевый песок, полиакриловую фибру Ricem 8 и сложные полимеры (адгезив «Виннапас» и гиперпластификатор Sica Visco Crete – 20 HE Rus). Взаимодействие этих веществ и степень их влияния на прочность результирующего материала, в значительной степени будут зависеть от водопотребности бетонной смеси, поддерживающей требуемую удобоукладываемость.

Исследования выполнены с применением математического планирования в виде линейного четырехфакторного эксперимента. Количество цемента и песка поддерживалось постоянным, в отношении 1/2 по массе. Содержание других компонентов бетона по отношению к цементу варьировалось в пределах: фибра $X_1 = (0,4-1) \%$, «Виннапас» $X_2 = (2-5) \%$, пластификатор $X_3 = (1-2) \%$, водоцементное отношение $X_4 = 0,4-0,5$. Откликом в исследуемой модели является прочность на растяжение при изгибе (Y). В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватное при 95 %-ой доверительной вероятности:

$$Y = 4,663 + 0,267 \cdot X_1 + 0,219 \cdot X_2 + 0,402 \cdot X_3 + 0,418 \cdot X_4 + \\ + 0,28 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,194 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,47 \cdot X_3 \cdot X_4.$$

Анализ модели прочности показал, что содержание гиперпластификатора и водоцементное отношение в наибольшей степени влияют на прочность бетона, причем это влияние имеет неоднозначный характер, так как эти компоненты взаимосвязаны обратной зависимостью. Прослеживается следующая закономерность: одновременное увеличение содержания пластификатора и воды затворения ведет к нарастанию прочности до определенного предела, причем скорость нарастания прочности уменьшается с увеличением водоцементного отношения. Для каждого состава многокомпонентной смеси существует пограничное значение водоцементного отношения, при котором содержание пластификатора практически не влияет на прочность, а при дальнейшем увеличении водоцементного отношения

тигается при создании условий контроля, когда фазовый сдвиг φ_D наиболее близок к $\pm \pi$. Именно в этом случае (и при $\theta' = 0$) независимо от формы акустического пятна и дефекта формируется поле отражения УВ, симметричное относительно $\theta' = 0$. Последовательное перемещение граничной прямой L или пятна акустического пучка в “дефектную зону” сопровождается появлением локального минимума в окрестности $\theta' = 0$ и двух угловых максимумов $\theta' = \pm \theta_M$. Для этих условий зависимость P^* от S_{D0} представляет линейную однозначную функцию, однако вследствие “инвертирования сигнала” обычным приемником УЗК эта зависимость имеет две ветви, сходящиеся в точке $P^* = 0$ - при $\Xi = 1$. Отметим, что чем больше R_{DN} отличается от единицы, тем больше амплитуда P_B боковых лепестков низшего порядка. Например, при $\frac{3}{7} > R_{DN} > \frac{7}{3}$ и $\theta_{Min1} \geq \theta' \geq -\theta_{Min1}$ $P_B > 0,5P(\pm \theta_M)$. Этот эффект может быть использован для реализации высокой чувствительности метода путем приема отраженного сигнала вблизи характерных углов θ_{ch} , в окрестности которых $F \rightarrow 0$ при $S_D = 0$. Существенные изменения P^* при выявлении дефектов с малой площадью, имеют место и при одновременном измерении отношения амплитуд сигналов, отраженных, например, под первым – P_{m1} и вторым – P_{m2} угловыми максимумами $F(\theta')$. Этот подход также эффективен и для случаев, когда сдвиг фазы МКИ существенно отличен от $\pm \pi$. Таким образом, в значительном числе случаев настройка угла θ' приемника колебаний на угловые экстремумы поля МКИ позволяет существенно повысить чувствительность метода по сравнению со случаем, когда прием производится под углом $\theta' = 0$.

Для проверки результатов теоретического анализа была разработана экспериментальная установка, позволяющая моделировать процессы формирования акустических полей в трехмерном пространстве. Результаты экспериментальных исследований находятся в хорошем качественном соответствии с расчетными данными.

Приведенные особенности формирования акустических полей УЗК, отраженных от неоднородной границы, указывают на существование эффективного способа выявления и оценки дефектов несцепления материалов, а также качества их “контактирования”. Этот эффект может также использоваться в технике акустических измерений и для других приложений, включая:

- а) определение степени неоднородности структуры материалов в поверхностных слоях;
- б) управление направленностью акустических колебаний и их гашение;
- в) контроль сплошности контактных пленок жидкости и пятна контакта сопрягающихся поверхностей;
- г) выявление дефектов, лежащих вблизи грубо обработанной поверхности.

E-mail: baev@iaph.bas-net.by

А.Р. БАЕВ, М.В. АСАДЧАЯ, А.Л. МАЙОРОВ, Г.Е. КОНОВАЛОВ

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

Наличие шероховатой поверхности ввода ультразвуковых колебаний (УЗК) и неоднородной микроструктуры прозвучиваемого материала, большой разницы удельных акустических сопротивлений контактирующих сред, и, в особенности, эффекты дифракционного рассеяния отраженного акустического пучка существенно затрудняют выявление дефектов сцепления материалов и определение их эквивалентной площади S_D в условиях одностороннего доступа. Сущность развиваемого метода заключается в создании таких условий излучения-приема моды отраженной упругой волны (УВ), при которых “расщепленный” на неоднородной границе акустический пучок имеет фазовый сдвиг $\varphi_D \approx \pm \pi$ от разных участков отражения. В работе дано теоретическое обоснование полученным ранее результатам экспериментальных исследований на основе анализа формулы, выведенной для относительной амплитуды из интегрального преобразования Грина и представляемой в виде

$$P^*(M) = \frac{P(M)}{P_0(M)} = \sum_{i=1}^m S'_{i0} R_{iN} F_{i0} \exp(-j\varphi_i), \quad (1)$$

где $F_{i0} = F_i/F_0$, а F_i и F_0 – интегральные функции, характеризующие направленность мнимых источников УЗК, отраженных от i -го участка поверхности площадью S_i и от всей (бездефектной) поверхности S_0 ; $R_{iN} = R_i/R_N$; $S'_{i0} = S'_i/S_0 \cos \beta$; $S'_i = S_i \cos \beta$ и $S'_0 = S_0 \cos \beta = S'_D + S'_N$, соответственно, где знак “” соответствует апертуре мнимого когерентного источника (МКИ), а индексы D и N – дефектной и бездефектной поверхности. Рассматривая P^* как функционал от комплекса упомянутых параметров, включая углы падения и приема θ , определяются такие условия измерений, при которых достигаются наибольшие изменения P^* при обнаружении дефектной границы или области с минимальной площадью дефекта S_D : а) $|P^*| = [(Re P^*)^2 + (Im P^*)^2]^{0.5} \rightarrow 0$; б) $|P^*| \rightarrow \infty$. Изучены особенности эволюции диаграмм направленности МКИ при пересечении акустическим пучком граничной линии L , разделяющей бездефектную и дефектную границы контактирующих материалов в зависимости от положения акустического пучка, отношения “сил источников” $\Xi = S_{DN} R_{DN}$, угла приема $\theta' = \theta - \beta$, а также угла фазового сдвига при отражении от дефектной и бездефектной поверхности и наличия переходной зоны $2c$ между ними. В результате теоретического анализа показано, что наилучшая выявляемость дефектной границы или дефектов дос-

добавление пластификатора отрицательно сказывается на прочности. Это означает, что для критического водоцементного отношения достигнуто максимальное значение прочности при заданном содержании «Виннапаса» и фибры. Исследуемый интервал варьирования этих величин находится в области оптимума, достигая критических значений, при которых прочность бетона с их дальнейшим увеличением понижается.

Получены трехмерные диаграммы, отражающие общую закономерность изменения прочности на растяжение при изгибе в зависимости от водоцементного отношения, содержания пластификатора для разных концентраций «Виннапаса» и фибры, в соответствии, с областью планирования эксперимента. Исследования подтвердили, что одно и тоже содержание фибры может влиять на прочность при изгибе как в положительную, так и в отрицательную сторону. Показаны пути усиления упрочняющего воздействия полиакриловой фибры изменением соотношения гиперпластификатор – вода затворения.

Согласно модели содержание «Виннапаса» однозначно увеличивает прочность на растяжение, а, следовательно, пластичность бетона. Взаимодействие между содержанием «Виннапаса» и фибры оказалось незначительным и не вошло в модель.

Нарастанию прочности фибробетона способствует обеспечение достаточной смачиваемости компонентов и подвижности смеси. Минимального значения водоцементного отношения 0,40–0,42 и содержания пластификатора (1 % по массе от цемента) оказалось недостаточным для получения высокой прочности, так как добавление фибры увеличило поверхность смачивания и привело к нарушению процессов гидратации цемента, и образованию цельной структуры материала. Наибольший эффект от использования полиакриловой фибры был достигнут при В/Ц = 0,48–0,50 и содержании пластификатора 2 % по массе от цемента.

При содержании гиперпластификатора Sica Visco Crete – 20 HE Rus в 1,5 %, как рекомендуют производители, достигается прочность в 5,4 МПа, при содержании полиакриловой фибры в 1 % от массы цемента (0,33 % от массы смеси). Повышая содержание фибры и «Виннапаса», которые в данном составе довольно незначительны, можно существенно улучшить прочностные показатели бетона.

Полученная математическая модель позволяет прогнозировать ожидаемую прочность мелкозернистого бетона, целенаправленно влиять на нее варьированием компонентов смеси, осознанно выбирать направления дальнейших исследований по подбору оптимального состава бетона.

УДК 621.56
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕКУПЕРАТИВНЫХ
ТЕПЛООБМЕННИКОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

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

Возрастание энергопотребления и повышение цен на энергоносители требует проведения масштабной энергосберегающей политики и внедрения энергоэффективных технологий во всех сферах хозяйственной деятельности.

Особенно актуальной является проблема эффективного использования энергии в инженерных сооружениях: жилых и промышленных объектах в равной степени. Капитальные затраты на устройство систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) достигают 20 % общей стоимости зданий, а эксплуатационные – 30–50 % общей стоимости эксплуатации.

В связи с этим, при совершенствовании систем особое внимание необходимо уделить расчету, оптимизации и повышению эффективности теплообменных устройств.

Авторами разработана методика расчета и выработаны рекомендации по совершенствованию перекрестноточных пластинчатых рекуператоров для систем ОВК. Была сформулирована и решена сопряженная задача теплообмена, определяемая системой дифференциальных уравнений движения, неразрывности, энергии и сохранения массы компонентов. Проведено численное исследование тепломассообмена при ламинарном течении влажного воздуха в плоском канале с капельной конденсацией пара на стенках, а также гетерогенным образованием тумана. Определены критериальные зависимости для расчета локальных чисел Нуссельта и Шервуда на начальном участке и в области установившегося течения. Рассмотрен вопрос образования тумана и влияния фазовых превращений в объеме на характер распределения температур и концентраций пара в воздухе.

Исследована и разработана уточненная математическая модель тепломассопереноса в перекрестноточных пластинчатых рекуператорах. Составлен алгоритм и программа расчета на ЭВМ.

Проведены численные исследования тепломассообмена при ламинарном течении влажного воздуха в плоских каналах и получены критериальные зависимости для чисел переноса теплоты и массы.

УДК 681.325
ЦИФРОВОЙ ТУРБИДИМЕТР СО СКАНИРУЮЩИМ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

А.А. АФАНАСЬЕВ, В.В. ПИСАРИК, Н.А. АРТЕМЬЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Измерение загрязнений жидких сред мелкодисперсными частицами, находящимися во взвешенном состоянии, осуществляется оптико-электронными приборами турбидиметрического или нефелометрического типа. В основе работы первых лежит измерение прошедшего через контролируемую среду излучения. У вторых – измеряется интенсивность рассеянного взвешенными частицами излучения под углом 90° по отношению к направлению зондирующего среду потока излучения.

Эффективность использования таких приборов с точки зрения получения наиболее достоверной информации зависит от ряда факторов: длины волны излучения, коэффициента поглощения излучения данной длины волны жидкой фазой, размеров и формы частиц дисперсной фазы, их концентрации, а также их способности поглощать или рассеивать падающее на них излучение. Для контроля сред с низкими концентрациями дисперсной фазы используют нефелометры, а для сред со значительным ослаблением излучения – турбидиметры.

Для совмещения диапазонов измерения приборами обоих типов разработан сканирующий оптико-электронный первичный преобразователь (ОЭПП), обеспечивающий перемещение фотоприемника вокруг оптической оси источника излучения на угол до 320° с помощью шагового электропривода (ШЭП). Использование ШЭП в ОЭПП позволяет не только поворачивать фотоприемник на определенный угол, но и осуществлять изменение угла поворота. Для лучшей адаптации ОЭПП к контролируемой среде также предусмотрена возможность изменения длины его оптической базы. Толщина просвечиваемого слоя становится в этом случае контролируемым и управляемым параметром. Дискретное изменение толщины просвечиваемого слоя позволяет выполнять многократное пошаговое сканирование и на основе результатов измерений строить индикатрисы рассеивания излучения контролируемой средой, получать через определённое количество шагов дискретизации промежуточные результаты наблюдений, выполнять их статистическую обработку. Управление работой всех элементов установки осуществляется микропроцессорным устройством на основе микроконтроллера серии MCS-51.

Предположительный ответ – гелевая частица заряжается через адсорбцию на своей поверхности ионов из раствора. Но тогда на стадии роста частичка должна постоянно находиться у поверхности зерна. В противном случае, коагуляция значительно вероятнее наступит между частичками в свободном межзерновом пространстве, чем произойдет адсорбция частички на поверхности. Обеспечить эти условия – свободный постепенный рост при пересыщении от растворяющихся ионов кристаллов гелевого размера с одновременным удержанием растущей частички в непосредственной близости от поверхности интенсивно растворяющегося зерна – задача исключительно трудно реализуемая.

Если же все-таки принять на веру реализацию такого на сегодняшний день наиболее широко принятого механизма, то уточним, что процессы растворения, пересыщения, формирования кристаллов и их адсорбция на поверхности цементного зерна развиваются во времени. В перечисленной последовательности формирование слоя из адсорбированных гелевых частиц – последняя стадия.

Тогда логично предположить, что механическим воздействием на растущий кристалл до момента адсорбции можно удалить его от поверхности зерна и переместить в объем свободной воды, в межзерновое пространство.

С целью подтверждения такой возможности проведен эксперимент.

Навеска цемента (200 г) затворялась водой (400 г) и интенсивно перемешивалась в течение 5 мин.

Отфильтрованная жидкая фаза подвергалась исследованиям на предмет содержания в ней различных элементов на спектрометре ElvaX.

Концентрация калия, кальция, серы и алюминия составила соответственно (в %) 0,2; 0,15; 0,15 и менее 0,0001.

Как видим, высокое В/Ц и интенсивное воздействие не увеличили содержание алюминия в жидкой фазе. А это противоречит принятой на сегодняшний день теории твердения портландцемента.

Результаты по определению оптимального сочетания габаритов теплообменника проведены для 600 вариантов сочетаний геометрических параметров рекуператоров.

Сопоставлением расчетных и экспериментальных данных подтверждена достоверность предлагаемой модели.

Получены данные о влиянии на глобальное качество теплообменников таких параметров, как геометрия теплообменного пакета, расход, температура и влажность воздуха.

Предложены рекомендации по совершенствованию режимных параметров пластинчатых перекрестноточных рекуператоров и инженерная методика их расчета и оптимизации, с учетом конденсации водяного пара из влажного воздуха, а также рекомендации по конструктивному совершенствованию перекрестноточных рекуператоров.

Предлагаемая методика расчета, при незначительных изменениях, может быть использована для расчета рекуперативных утилизаторов теплоты при противоточном, прямоточном и смешанном (противоточно-перекресточном, прямоточно-перекресточном) движении теплоносителей, воздуха в частности, как для сухого режима, так и при конденсации водяного пара, а также при расчетах аппаратов испарительного охлаждения.

УДК 625.27
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ
В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

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

По данным Госпромнадзора Республики Беларусь в нашей стране зарегистрировано более 1000 карьеров, из них более 320 эксплуатируется в настоящее время. Могилёвское областное управление Госпромнадзора осуществляет контроль за ведением горных работ открытым способом на 38 предприятиях. Под надзором имеется 44 карьера нерудных строительных материалов. Из них на двух карьерах годовая производительность составляет более 1 млн м³ в год, на трех – производительность – от 50 до 300 тыс.м³ в год, на остальных 39 карьерах – менее 50 тыс.м³ в год. В Могилевской области песчано-гравийных карьеров всего 12, из них только два крупных: «Козуличи» Кировского района и «Дубровка» Шкловского района, которые находятся на балансе УТПК «Облдорстрой». Запасы песчано-гравийной смеси (ПГС) в карьере «Козуличи» в ближайшее время будут выработаны.

На остальных 10 карьерах, которые занимают небольшую площадь, в основном от 5 до 15 га, качество песчано-гравийной смеси не всегда соответствует требованиям стандартов и нормативных актов. В основном, на качество ПГС оказывает влияние большое содержание глинистых частиц в смеси, большое содержание гравия в смеси мелких фракций 5–10 и 10–20 мм, что не устраивает дорожные предприятия, которые разрабатывают эти карьеры. Часто при разработке гравийных карьеров встречаются прослойки некондиционных пород, что говорит о низком качестве проведенных геологоразведочных работ. Особенно редко встречается песчано-гравийная смесь на востоке и юге Могилевской области. Многим предприятиям приходится возить автотранспортом гравийный материал с ближайших областей на расстояние до 80 км, что вызывает большие дополнительные расходы. Однако проблему дефицита песчано-гравийной смеси в Могилевской области можно решить следующим образом.

Все дорожные предприятия Могилевской области заказывают геологоразведочные работы таким образом, чтобы запасы полезного ископаемого утверждались на 0,5–1 м выше уровня грунтовых вод. Но обводненные запасы на глубину до 3 м без водопонижения можно отработать экскаваторами с емкостью ковша до 1 м³ типа «драглайн» (Э-652, ЭО-5111, ЭО-4111) или экскаваторами типа «обратная лопата» (ЭО-4124, ЭО-4321), которые имеются на многих предприятиях. Нетрудно подсчитать, что даже при площади месторождения в 10 га, отработка обводненных запасов на

УДК 691.32
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЖИДКОЙ ФАЗЫ ТВЕРДЕЮЩЕГО
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

В.Д. ЯКИМОВИЧ, А.В. ПАВЛОВ, Г.Д. ЯКИМОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Наиболее распространенные представления о твердении портландцемента – как о процессе, сопровождающемся растворением, пересыщением и выпадением микрокристаллов гелевого размера с адсорбцией последних на поверхности непрогидратировавших зерен цемента. В связи с таким подходом для объяснения различных явлений и стадий твердения требуется изучение состава жидкой фазы, в которой это твердение происходит.

Поскольку трехкальциевый алюминат – наиболее легко- и быстротвердое соединение в клинкере, то логично было бы ожидать повышенного содержания алюминия в жидкой фазе, по крайней мере в соотношении с другими элементами, составляющими минералы клинкера. Однако предыдущие исследования выявили крайне низкое содержание алюминия в жидкой фазе твердеющего теста – менее 1 мг/л.

Господствующая на сегодняшний день, теория твердения цемента предполагает, как уже указывалось, что после растворения ионы минералов цемента (в т.ч. и алюминия) переходят в раствор, там достигается их пересыщение и выпадение в виде кристаллов гелевого размера, которые затем адсорбируются на поверхности цемента. Именно слой этих гелевых частиц, как предполагается, и является в дальнейшем препятствием для проникновения влаги к поверхности цементного зерна, и именно он ответствен за существование индукционного периода в твердении.

Однако при анализе этой схемы возникает ряд вопросов.

Гелевый размер кристалла предполагает, что он состоит из двух-трех, по крайней мере не намного больше, структурных ячеек. Но даже такое незначительное их количество предполагает развитие процесса во времени с постепенным увеличением в размерах. На начальной стадии формирования такое образование подвержено бомбардировке молекулами свободной воды, что должно уводить частичку в объем свободной воды. Способствовать этому также должно постоянное хаотичное движение у поверхности зерна растворяющихся ионов. Какая же сила в этом случае вынуждает практически электронеутральный после поверхностной гидратации микрокристалл адсорбироваться на поверхности цементного зерна? Естественно, о силе гравитации в этом случае речь идти не может.

Клееные деревянные балки серий Б1 и Б2 изготавливались в заводских условиях из сосновых остроганных досок 2-го сорта, толщиной 40 мм, склеенных между собой по пласту, с использованием фенолрезорцинового клея. По длине доски соединялись на зубчатом соединении. Влажность древесины балок составляет 9–10 %.

Сквозная трещина длиной $2l$ для каждой балки создавалась путем пропила толщиной 1 мм и длиной 150 мм от заданной вершины до середины пролета, а оставшая часть длины трещины – в виде прямоугольного пропила высотой 2 мм. Между верхними и нижними гранями пропила (берегами трещины) по его длине устанавливались две стальные пластины толщиной 1 мм. Между пластинами укладывался смазочный материал. Таким образом обеспечивался контакт между берегами трещин и коэффициент трения близким к нулю.

Программа испытаний. Для определения напряжений в древесине использовались тензорезисторы на бумажном основании с базами 10 и 20 мм, которые подсоединялись через систему проводов к автоматическому измерителю деформаций (АИД). Известно, что АИД измеряет лишь относительные деформации в определенных точках. Поэтому, для перехода от относительных деформаций к напряжениям были проведены испытания образцов по определению упругих характеристик древесины. Образцы по определению упругих характеристик выпиливались из древесины балок. При испытании данных образцов упругие характеристики древесины составили: $E_X = 11500$ МПа; $E_Y = 510$ МПа; $G = 512$ МПа; $\mu_{xy} = 0,42$; $\mu_{yx} = 0,019$.

В опорном сечении тензорезисторы наклеивались на боковые поверхности балок в виде тензорозеток, а по длине нижней и верхней граней балок в виде одиночных датчиков. В тензорозетках использовались датчики базой 10 мм, а для всех других случаев – 20 мм.

Нагрузка на балку создавалась с помощью 5-ти гидравлических домкратов ДГ-10, которые располагались между балкой и траверсой стальной рамы, закрепленной в силовом полу. Расстояние между домкратами было одинаковым. С целью уменьшения смятия древесины в зоне передачи усилий от домкратов на балку, между ними устанавливались стальные пластины. Прогиты балок измерялись с помощью прогибомеров Аистова, которые устанавливались на опорах и в середине пролета. Перемещения берегов трещин определялись с помощью индикаторов, с ценой деления 0,001 мм. Индикаторы устанавливались по середине трещины с двух сторон балки. Старт трещины определялся как визуально, так по диаграммам смещений берегов трещин.

глубину 3 метра, (а учитывая целик в 0,5–1 м, который оставляется до уровня грунтовых вод – то на глубину 3,5–4 метра) – даст дополнительный объем полезного ископаемого в 350–400 т.м³. В дорожно-ремонтно-строительных управлениях годовая производительность по песку и песчано-гравийной смеси, в большинстве случаев, составляет 15–20 т.м³, а, следовательно, этот дополнительный объем в 350–400 т.м³ продлит срок службы карьера до 20 лет.

Теперь произведем несложные подсчеты. Для того, чтобы предприятию начать разрабатывать новый карьер, вначале необходимо провести геологоразведочные работы, стоимость которых составляет более 40 млн рублей на площади до 10 га, при глубине бурения скважин 5–8 метров. После геологоразведочных работ проектной организацией составляется «Отчет о детальной разведке или о детальной доразведке месторождения», время составления которого может длиться до 6 месяцев. Далее проводится экспертиза «Отчета...» в Республиканской комиссии по запасам Минприроды РБ. Стоимость такой экспертизы – свыше 5 млн рублей, срок ее проведения 2–3 месяца. После утверждения запасов составляется проект разработки и рекультивации, стоимость которого даже для небольших по площади месторождений может достигать 30–40 млн рублей. Кроме этого, предприятию необходимо получить лицензию на добычу полезных ископаемых, зарегистрировать горный отвод и получить акт о предоставлении земельного отвода. Все это занимает длительное время, не говоря о значительных расходах.

После всего вышесказанного, становится непонятным, почему дорожные предприятия Могилевской области отказываются от отработки обводненных запасов. Даже, если на предприятии нет экскаваторов типа «драглайн» или «обратной лопаты», их выгоднее взять в аренду, чем подготовить к эксплуатации новый карьер и платить за каждый отведенный гектар земли большие суммы денег. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что Госпромнадзором Республики Беларусь с 2007 года запрещено вести погрузчиками вскрышные и добычные работы в карьерах. Экскаватором «драглайн» или «обратная лопата» обводненная порода складировается во временные штабеля для обезвоживания, а из штабелей – обезвоженная песчано-гравийная смесь погрузчиком грузиться в автосамосвалы и вывозиться на объекты для ремонта и строительства автомобильных дорог.

При всем этом – не ухудшается экологическая обстановка в районе, не понижается уровень воды в колодцах ближайших деревень, поскольку разработка ведется без принудительного водоотлива. Затраты на рекультивацию отработанного карьера под водоем будут значительно меньше, чем под лесопосадку или сельхозугодия. Экономический эффект такой разработки месторождений налицо даже без предварительных расчетов. Таким образом, дефицит песчано-гравийного материала в Могилевской области можно решить.

В.В. БОГДАНОВА, О.Н. БУРАЯ, М.М. ТИХОНОВ

Учреждение БГУ

«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ»

Учреждение

«МИНСКОЕ ГОРОДСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ»

Минск, Беларусь

Благодаря уникальным свойствам (теплопроводность, долговечность, механическая прочность, инертность к агрессивным средам) жесткий пенополиуретан (ППУ) находит широкое применение в качестве исходного сырья для создания теплоизоляционных строительных материалов.

Применение сэндвич-панелей (с облицовками из металла, рубероида, гипсокартона или любых других плоских профилированных материалов) позволяет надолго сохранить внешний вид здания, а также снизить экономические затраты за счет уменьшения потерь тепла. Важным фактором, влияющим на свойства сэндвич-панели, является ее наполнитель. По сравнению с такими наполнителями как – пенополистирол и минеральная вата – использование пенополиуретана при равных теплоизоляционных свойствах позволяет получить более тонкие и легкие панели, что уменьшает затраты на строительство. Однако основной недостаток пенополиуретана его горючесть, снижающая уровень пожарной безопасности сэндвич-панели. В настоящее время в Республике Беларусь, отсутствует производство сэндвичевых панелей с огнестойким пенополиуретановым теплоизоляционным материалом. В странах СНГ и дальнего зарубежья теплоизоляционные пенополиуретановые материалы классифицируются как легковоспламеняемые (ГОСТ 12.1.044). Такая ситуация обусловлена особенностями свойств пенополиуретановой системы. Введение дополнительных агентов в компоненты А и/или Б реакционной смеси приводит к резкому изменению свойств конечного продукта: увеличивается время реакции, уменьшается высота вспенивания, изменяются физико-механические и эксплуатационные свойства материала.

В результате исследований по приданию огнестойкости ППУ найдены системы замедлителей горения, которые в суммарной концентрации до 30 % позволяют получить композицию ППУ материала, соответствующую группе трудногорючих материалов, практически без ухудшения ее эксплуатационных характеристик (табл.1.). Повышение огнестойкости материала достигается за счет введения замедлителей горения в компонент А и/или Б непосредственно перед получением пенополиуретановой композиции.

В.С. ЧОРНОЛОЗ, А.Н. ИВАНЮК

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

Ровно, Украина

Цель и задачи экспериментальных исследований. Целью экспериментальных исследований являлось изучение напряженно-деформированного состояния (НДС) деревянных балок со сквозными трещинами не выходящими на торцы и разработка методики расчета. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- определение НДС и характера разрушения балок со сквозными трещинами;
- определение величины нагрузки, при которой наблюдается старт трещины;
- определение несущей способности балок.

Материалы, конструкции и особенности моделирования трещин.

Экспериментальные исследования включали испытания однопролетных клееных деревянных балок двух серий Б1 и Б2 с трещиной, расположенной несимметрично относительно середины пролета. Разделение балок на серии осуществляется в зависимости от длины пролета L и расположения трещины по высоте поперечного сечения. К первой серии Б1 относились балки пролетом $L = 5800$ мм с поперечным сечением $b \times h = 140 \times 600$ мм и трещиной, расположенной по нейтральной оси. В серии Б1 было испытано 3 балки, каждая из которых отличалась длиной трещины. Маркировка балок осуществлялась следующим образом: Б1-3, где Б – балка; 1 – номер серии; 3 – номер балки в серии. Для первой балки Б1-1 длина трещины $2l = l_1 + l_2 = 3300$ мм, где $l_1 = 1950$ мм, $l_2 = 1350$ мм; для второй Б1-2 – $2l = l_1 + l_2 = 3700$ мм, где $l_1 = 2300$ мм, $l_2 = 1400$ мм; для третьей Б1-3 – $2l = l_1 + l_2 = 4200$ мм, где $l_1 = 2600$ мм, $l_2 = 1600$ мм. Таким образом, для балок первой серии Б1 отношения $L/h = 9,67$, а $2l/L = 0,569$ – для первой балки Б1-1; $2l/L = 0,638$ – для второй балки Б1-2; $2l/L = 0,724$ – для третьей балки Б1-3. Для указанных балок отношения l_1/l_2 соответственно равнялись 1,444; 1,643; 1,625. Для второй серии Б2 была испытана балка пролетом $L = 9000$ мм с трещиной расположенной на $0,3h$ от нижней грани и длиной $2l = l_1 + l_2 = 4125$ мм, где $l_1 = 2250$ мм, $l_2 = 1875$ мм. При этом, отношения $L/h = 15$, $2l/L = 0,458$ и $l_1/l_2 = 1,2$. Таким образом, всего было испытано четыре клееных деревянных балки.

дует принимать периметр поперечного сечения ствола сваи, а на участке уширения – периметр поперечного сечения уширения, т.е.:

$$F_d = \gamma_c \cdot \left[\sum \gamma_{cr} \cdot R \cdot (A + A_y) + \sum \gamma_{cf} \cdot (U_i \cdot R_{fi} \cdot h_i + U_{yi} \cdot R_{yfi} \cdot h_{yi}) \right], \quad (1)$$

$$F_d = \gamma_c \cdot \left[\sum \gamma_{cr} \cdot R \cdot A_y + \sum \gamma_{cf} \cdot (U_i \cdot R_{fi} \cdot h_i + U_{yi} \cdot R_{yfi} \cdot h_{yi}) \right], \quad (2)$$

где: γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$; γ_{cr} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом и уширением сваи, учитывающий влияние способа погружения сваи и расчетные сопротивления грунта и принимаемый в пределах $0,8 \div 1,2$; γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый в пределах $0,5 \div 1,0$; A – площадь опирания на грунт нижнего конца ствола (поперечного сечения) сваи, m^2 ; A_y – площадь опирания на грунт уширения (без площади поперечного сечения ствола) сваи в направлении действия нагрузки, m^2 ; R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом ствола и уширением сваи или над ним в направлении действия осевой нагрузки, kPa ; U_i – периметр ствола сваи, m ; U_{yi} – периметр поперечного сечения уширения сваи, m ; R_{fi} – расчетное сопротивление (прочность) i -того слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, kPa ; R_{yfi} – расчетное сопротивление (прочность) i -того слоя грунта на боковой поверхности уширения сваи, kPa ; h_i – толщина i -того слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью ствола и уширением сваи, m .

Остальные обозначения и их значения в формулах (1), (2) те же, что и в СНБ 5.01.01-99.

Разработанная булавовидная свая, является сборной конструкцией, обладает простотой изготовления, технологичностью погружения (забивкой, вибрацией, вдавливанием при помощи имеющегося оборудования), повышенной несущей способностью по грунту основания в 1,5 раза и больше (т.е. две данные сваи заменяют три обычные призматические), меньшей энергоемкостью погружения в грунт за счет уменьшения сил сцепления и трения по боковой поверхности сваи.

Табл. 1. Характеристика пенополиуретановых композиций

Композиция	Время начала вспенивания, с	Время окончания вспенивания, с	$V_{всп}/V_{исх}$ (композиции)	Потеря массы после отжига, %	Приращение температуры во время отжига, $^{\circ}C$	Группа горючести
Изолан 125 исходный	9	21	27,9	84	600	легко воспламеняемый
Изолан 125 огнезащитный	20	70	17,7	62	272	средне-воспламеняемый
Изолан 210 исходный	50	300	29,1	86	575	легко воспламеняемый
Изолан 210 огнезащитный	90	1200	12,1	69	275	средне-воспламеняемый

Кроме строительства, трудногорючий ППУ композиционный материал может быть использован в качестве активной и пассивной защиты для ограничения распространения горения по кабельным шахтам зданий и сооружений.

Для локализации развивающихся в вертикальных кабельных сооружениях пожаров исследована возможность применения огнепреграждающих пробок из огнестойких теплоизоляционных вспененных материалов. Такие материалы должны принимать форму защищаемой поверхности по всему периметру, препятствуя поступлению кислорода в зону горения.

В качестве такого материала выбран вспенивающийся пенополиуретановый материал, способный заполнить пустоты и зазоры по всему периметру кабельного сооружения.

Согласно результатам эксперимента, пробка из трудногорючего ППУ препятствует распространению пламенного горения и способствует снижению температуры продуктов сгорания полимерного материала внешней оболочки и оболочки жил кабеля, материала междужильного пространства кабельной продукции, а также ограничивает распространение огня на пути эвакуации.

Эксперименты, моделирующие пожар в вертикальных кабельных сооружениях, подтверждают возможность применения разработанного трудногорючего ППУ как в качестве пассивного, так и активного способа ограничения распространения пожара в кабельных сооружениях.

УДК 614.841
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
ЗАЩИТЫ СКЛАДОВ С ВЫСОТНЫМ СТЕЛЛАЖНЫМ ХРАНЕНИЕМ

О.В. БОГОРОДОВА, *Д.В. МИХАЛЬКОВ, *А.В. СУРИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное учреждение образования
«ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
МЧС РБ»
Могилев, пос. Светлая Роща, Беларусь

Развитие промышленности и торговли на территории Республики Беларусь требует все большего внимания в части проектирования и строительства крупных складских комплексов и логистических центров.

В основном, используются два способа хранения: стеллажный и штабельный. Одним из самых перспективных направлений развития складских и логистических терминалов является хранение продукции на стеллажах. Высотное стеллажное хранение – хранение на стеллажах с высотой складирования свыше 5,5 м. Особенно тяжелыми бывают последствия при пожарах в складах с высотным стеллажным хранением. В связи с этим, к проектированию современного склада с высотным стеллажным хранением предъявляется большое количество требований, в том числе и по пожарной безопасности, что связано с немалым количеством пожарной нагрузки и значительным возможным ущербом при пожаре.

Одной из основных систем активной противопожарной защиты таких складов является система автоматического пожаротушения.

Исходя из требований действующего законодательства, складские помещения с высотой складирования более 5,5 метров следует оборудовать автоматическим пожаротушением. В то же время основной технический нормативный правовой акт, регламентирующий требования к проектированию установок пожарной автоматики, не распространяется на подобные объекты.

В действующих в Республике Беларусь ТНПА отсутствуют требования к системам автоматической противопожарной защиты таких современных разновидностей складов с высотным стеллажным хранением, как: склады с передвижными стеллажами; склады для хранения продукции в аэрозольной упаковке, ЛВЖ и ГЖ, а также веществ и материалов, тушение которых водой запрещено; зоны хранения товаров в торговом зале на высотных стеллажах и др. Таким образом, действующая нормативная база значительно отстает от развития современных технологий в области противопожарной защиты объектов строительства.

УДК 624.154
КОНСТРУКЦИЯ ЗАБИВНОЙ СВАИ С УШИРЕНИЕМ И РАСЧЕТ
ЕЁ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

В.П. ЧЕРНЮК, С.М. СЕМЕНЮК
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Весьма широкое и разнообразное применение в строительстве получили свайные фундаменты из готовых свай. Наиболее массово и широко из них распространены забивные призматические сваи, ставшие традиционными. Они могут выполняться в различных вариантах и исполнениях: армированными и неармированными, с ненапрягаемой продольной и с предварительно напряженной стержневой, проволочной или прядевой арматурой, с полостью или без нее, цельные и составные.

При строительстве промышленных зданий и сооружений на слабых водонасыщенных и заболоченных грунтах более успешно применяют забивные железобетонные сваи с уширенной пятой – булавовидные сваи. Они могут иметь различные размеры поперечного сечения ствола, а также длину.

Использование в свайных фундаментах эффективных конструкций булавовидных свай сулит немалые экономические выгоды. Они могут быть получены за счет увеличения несущей способности свай по грунту основания, за счет снижения энергоёмкости погружения их в грунт, упрощения и улучшения конструкции и за счет других факторов.

В университете на кафедре ТСП разработана рациональная конструкция сборной булавовидной сваи, защищенная патентом Республики Беларусь на полезную модель № 5845, отличающаяся от типовой призматической забивной железобетонной сваи тем, что на наконечнике ствола, на выемках в боковых ребрах пирамиды вмонтирован цилиндрический (железобетонный, металлический, пластмассовый) отрезок трубы (уширение, булава) в виде втулки длиной больше высоты наконечника сваи, с внутренним диаметром на 5–10 см меньше диагонали поперечного сечения ствола сваи, а наружным – равным или больше. Выемки в стволе можно выполнить на обычной призматической забивной свае вручную «болгаркой», без изменения армирования конструкции.

Расчет несущей способности таких забивных булавовидных свай можно выполнить по формуле (5.8) СНБ 5.01.01-99 с теми же обозначениями, параметрами и расчетными сопротивлениями, как для свай защемленных в грунте, из предложения, что за периметр на участке ствола сле-

Листовые и плитные облицовки и экраны практически применимы для колонн, стоек и балок. Но для ферм покрытия и связей применение этих средств огнезащиты нерационально.

Обетонирование, облицовка из кирпича.

Применение огнезащиты металлических конструкций при помощи бетона и кирпичной кладки наиболее рационально, когда одновременно с огнезащитой конструкций требуется произвести их усиление, например, при реконструкции зданий.

Кирпичную облицовку применяют для огнезащиты вертикально расположенных конструкций. Армирование огнезащитной облицовки из кирпича назначают с учетом усиления связи в углах кирпичной кладки. Диаметр стержней арматуры принимают не более 8 мм.

Штукатурки.

Использование цементно-песчаной штукатурки обусловлено такими преимуществами, как низкая стоимость материалов для приготовления состава, обеспечение значительного предела огнестойкости защищаемой конструкции (до 2,5 часа), устойчивость к атмосферным воздействиям.

В тоже время это средство огнезащиты имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение, к которым относятся: большая трудоемкость работ по нанесению покрытия из-за необходимости армирования стальной сеткой; увеличение нагрузок на фундаменты зданий за счет утяжеления каркаса; необходимость применения антикоррозионных составов. Кроме того, штукатурки не отвечают эстетическим требованиям и не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т. д.).

Стремление снизить массу штукатурного покрытия привело к разработке легких штукатурок с содержанием асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений и других материалов. Однако снижение массы приводит к появлению недостатков, свойственных облегченным штукатуркам: снижение конструктивной прочности, недостаточная адгезия к покрываемой поверхности. Следует отметить, что штукатурные смеси на жидком стекле, извести и гипсе могут использоваться в помещениях с относительной влажностью не более 60 %.

Выбор способа огнезащиты несущих металлических конструкций на стадии проектирования для конкретного объекта производится на основе технико-экономического анализа с учетом условий объекта.

Несомненно, самым эффективным способом пожаротушения стеллажей является водяное пожаротушение, которое устанавливается в 75–85 % случаев. Наиболее распространенными среди систем водяного пожаротушения являются следующие виды:

- автоматические установки водяного пожаротушения с обычными оросителями, расположенными под перекрытием и во внутрестеллажном пространстве;

- автоматические установки водяного пожаротушения для защиты высокостеллажных складов без применения внутрестеллажных оросителей с использованием быстродействующих спринклеров типа ESFR;

- автоматические установки тонкораспыленной воды (ТРВ) с применением или без внутрестеллажных оросителей.

Довольно перспективным представляется использование технологии ESFR.

Продукция и ее упаковка создают очаг интенсивного горения, восходящие потоки продуктов сгорания не только препятствуют падению капель воды из обычных оросителей, но и увлекают их вверх. Мощная скоростная конвективная колонка над зоной горения препятствует появлению охлаждающего эффекта. Основная часть обычных капель из оросителей под перекрытием может испариться уже на расстоянии 3–5 м ниже потолка.

Поэтому, в последнее время, стали применяться оросители, разбрызгиваемые капли из которых намного крупнее обычных. В связи с этим, в некоторых случаях оказалось достаточно располагать один спринклер под перекрытием склада. Такая технология незаменима при использовании передвижных стеллажей.

Применение таких спринклеров, например, позволяет защищать склады с высотой помещений до 13,7 м и высотой складирования до 12,2 м. Однако применение таких оросителей требует повышенного напора на оросителе (10–62 м водяного столба) и, следовательно, повышенного расхода воды. Площадь, защищаемая одним оросителем, составляет 7,4–9,0 м², расчетная площадь – 90 м².

Производство данного типа оросителей довольно широко представлено во всем мире, в том числе и в Российской Федерации. Однако на территории Республики Беларусь не применяется данный метод при проектировании противопожарной защиты строящихся объектов. Причина, в первую очередь, кроется в отсутствии нормативной базы и, следовательно, данное направление требует проведения дополнительных исследований.

Ю.Г. БОЛОШЕНКО, Е.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

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

В настоящее время существует две основные методики расчета железобетонных элементов: альтернативная и деформационная модели, принятые в СНБ 5.03.01-02. Доказано, что деформативная модель является более точной (отклонение от экспериментальных данных 3–5 %), однако, расчет является трудоемким и требует соответственного программного обеспечения. Альтернативная модель обеспечивает меньшую точность (отклонение от экспериментальных данных 15–20 %), расчет прост и позволяет ориентировочно определить несущую способность элемента быстро и без использования компьютерных программ.

В качестве альтернативы была предложена упругопластическая модель расчета. В упругопластической модели за основу принята не прямоугольная, как в альтернативной, а трапецевидная эпюра напряжений. Высота сжатой зоны «х» находится путем решения квадратного уравнения, в котором множители при «х» и свободный член определяются в зависимости от прочностных и геометрических характеристик конструкции. Упругопластическая модель имеет достаточную сходимость с экспериментальными данными (5–10 %), не являясь при этом трудоемкой.

Также расчет опытных образцов был проведен с использованием деформационной модели, используемой в Украине. Основным инструментом указанной модели являются полные диаграммы деформирования бетона и арматуры, которые отражают работу материалов как в области упругого, так и в области пластического деформирования. Диаграмма деформирования бетона представлена с восходящей и нисходящей ветвями, которая с достаточной точностью описывается полиномиальной функцией, предложенной В.Е. Бачиским и А.Н. Бамбурой.

Для испытанных опытных призм графики зависимости « σ – ϵ » были построены по опытным данным, по методике, предложенной в СНБ 5.03.01-02, и по методике, предложенной А.Н. Бамбурой. Методика Бамбуры дает меньшее совпадение с экспериментальными данными, однако позволяет построить нисходящую ветвь. Достоинством данной методики, по сравнению с деформационной моделью, является относительная простота расчета. Напряжения рассчитываются по аналитическим формулам с учетом коэффициентов, полученных эмпирическим путем.

М.М. ФОМЧЕНКО

Учреждение
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ» НПЦ
Могилев, Беларусь

В настоящее время наблюдается значительное расширение рынка огнезащитных материалов. Успешно разрабатываются новые отечественные средства огнезащиты, внедряются зарубежные. В этом многообразии огнезащитных материалов и технологий перед проектировщиком и застройщиком встает задача оптимального выбора средств пассивной огнезащиты применительно к конкретным объектам.

Для решения поставленной задачи, необходимо упорядочить (классифицировать) известные в настоящий момент средства огнезащиты, отметить их особенности и, учитывая преимущества и недостатки, уточнить области их применения.

Существуют следующие основные способы огнезащиты несущих металлических конструкций.

Огнезащитные составы терморасширяющегося типа.

Составы терморасширяющегося типа являются одним из перспективных направлений огнезащиты. Действие их основано на вспучивании нанесенного покрытия под воздействием высоких температур (170–250 °С) и образовании пористого теплоизолирующего слоя. При этом огнезащитное покрытие толщиной от 0,5 до 2 мм увеличивается в объеме в 10–40 раз и обеспечивает огнезащитную эффективность от 0,5 до 1,5 часа.

Существуют атмосфероустойчивые огнезащитные составы на органическом растворителе. Огнезащитные составы могут быть применены для огнезащиты металлических конструкций любой сложности конфигурации.

Листовые и плитные облицовки и экраны.

Для устройства облицовок металлических конструкций могут использоваться листовые и плитные теплоизоляционные материалы, например: гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлито-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита. Для крепления листовых и плитных материалов к металлической конструкции приваривают крепежные элементы (стальные пластины, уголки, штыри). Устройство данного средства огнезащиты не требует очистки поверхности защищаемых конструкций от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий.

В последние годы мир столкнулся с такой экологической проблемой как стойкие органические загрязнители (СОЗ). СОЗ образуются и выделяются в окружающую среду преимущественно в результате деятельности человека и причиняют вред здоровью людей и окружающей среде.

В мае 2001 года с подписанием Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях начался процесс, завершившийся всемирным запретом производства, торговли, применения и хранения определенных крайне опасных стойких органических ядовитых веществ. В настоящее время к СОЗ, согласно Стокгольмской конвенции, отнесено 12 веществ: токсафен, альдрин, дieldрин, эндрин, мирекс, ДДТ, хлордан, гнптахлор, полихлорированные бифенилы, гексахлорбензол, полихлорированные диоксины, полихлорированные фураны.

Как правило, СОЗ имеют некоторые общие характеристики: они представляют собой мало летучие химически прочные соединения, которые могут оставаться в окружающей среде в течение длительного времени, не подвергаясь разложению. В связи с очень медленным разрушением СОЗ накапливаются во внешней среде и переносятся на большие расстояния потоками воздуха, воды или подвижными организмами. Повторное испарение и конденсация СОЗ приводят к тому, что они, выделяясь в окружающую среду в более теплых регионах планеты, переносятся затем в холодные околополярные зоны. Таким образом, попадая в весьма удаленные регионы. Например, из тропических областей в Северное море и далее к Северному полюсу, накапливаясь в высоких концентрациях в воде и основных пищевых продуктах – в частности, в рыбе. При этом, даже малые концентрации некоторых стойких органических загрязнителей приводят к развитию болезней иммунной и репродуктивной систем, врожденным дефектам у детей, онкологическим заболеваниям.

Важнейшим условием разработки и применения эффективных мер по решению проблемы СОЗ является сбор и анализ информации об основных источниках поступления и содержания стойких органических загрязнителей в компонентах окружающей среды (почва, вода, воздух, донные отложения и т.д.). Данная деятельность называется мониторингом СОЗ в объектах окружающей среды и является одним из приоритетов в области выполнения положений Стокгольмской конвенции.

Авторы рассмотрели вопросы определения прочностных (кубиковая прочность, призмечная прочность) и деформативных (динамический модуль упругости, коэффициент Пуассона) характеристик бетона, а также параметров, характеризующих разрушение структуры бетона при действии сжимающей нагрузки.

Поведение бетона под действием сжимающей статической нагрузки, проявляющиеся при этом упругие и пластические деформации, развивающиеся в процессе загрузки и при длительном воздействии нагрузки, достаточно детально изучены для конструктивных бетонов различной прочности, составов и видов (О.Я. Берг, работы его научной школы). Влияние же возникающих под действием нагрузки необратимых деформаций, проявляющихся в образовании дефектов в объеме цементного камня бетона, на его эксплуатационные свойства по существу не изучено. Отсутствуют данные об уровнях нагрузки, превышение которых вызывает появление необратимых нарушений структуры в виде микротрещин, развивающихся со временем в существенные дефекты, провоцирующие снижение сопротивления бетона агрессивному воздействию эксплуатационной среды.

Циклически или многократно повторяющаяся статическая механическая нагрузка приводит, со временем, к снижению прочности бетона. Этот отрицательный эффект прямо зависит от уровня нагрузки и числа циклов ее воздействия.

Приведенные экспериментальные данные подтверждают логическую взаимосвязь развития деструктивных явлений с ростом нагрузки на бетон и с увеличением количества циклов «сжатие-отпуск». Так, накопление «усталостных» деформаций бетона с ростом количества циклов испытаний происходит при нагрузках до 50 % от проектной прочности, а массовое образование и развитие трещин происходит с ростом нагрузки более 70 % от проектной.

В.С. ВАСИЛЬЕВА, М.А. КСЕНОФОНТОВ, Л.Е. ОСТРОВСКАЯ

Научно-исследовательское учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

им. А.Н. Севченко» БГУ

Минск, Беларусь

Композитные полимерные материалы с различными наполнителями, в настоящее время, привлекают повышенное внимание исследователей.

Разработка новых теплоизоляционных материалов на основе полимерных композитов и использование их в комбинации с другими материалами открывает новые возможности применения в строительстве в качестве замены многослойной фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Из всех известных теплоизоляционных материалов изделия из жесткого пенополиуретана обладают уникальным сочетанием теплосберегающих, физико-механических и эксплуатационных характеристик и являются наиболее распространенными материалами, применяемыми в различных отраслях промышленности. Для пенополиуретановых композиций характерна высокая адгезия ко многим материалам, что является хорошей предпосылкой для использования их в качестве связующего в композициях с древесными опилками.

Авторы рассмотрели вопросы создания многофункционального полимерного композита из жесткого пенополиуретана (ППУ) и древесных опилок.

Полимерный композиционный материал получали путем добавления полиэфирного компонента (А) к опилкам, помещенным в смесительное устройство шнекового типа, которые и перемешивали в течение 20–30 мин, после чего, в полученную композицию подавали определенное количество изоцианатного компонента (Б). Данную смесь перемешивали до получения однородной системы, затем перегружали в формующее устройство. Формование изделий производили в герметично замкнутых формах на прессе при комнатной температуре, в течение 30–60 мин при давлении 3–5 МПа.

Композит, полученный при варьировании соотношений компонентов (ППУ/опилки), температур и давлений формования, подвергали испытаниям на теплопроводность, прочность (при изгибе), водостойкость и др. в соответствии с требованиями следующих ТНПА: СТБ 1618-2006, ГОСТ 17177-94, ГОСТ 10633-88, ГОСТ 10634-88, ГОСТ 10635-88, ГОСТ 30290-94.

При снижении температуры воздуха в перегреваемых помещениях до комфортных параметров энергопотребление сокращается до 7 % на каждый градус снижения за счет индивидуального регулирования.

Из-за желания заказчика снизить сметную стоимость, вместо термостатических клапанов устанавливают шаровые краны, которые являются запорной, а не регулирующей арматурой, но тем не менее снижают теплопотребление. Между тем по данным российских источников автоматизация и учет теплопотребления зданием и всеми помещениями повышает сметную стоимость всего на 0,5–1,0 %.

Местнический подход эксплуатирующих организаций, препятствующих внедрению приборов индивидуального учета теплопотребления тормозит долгосрочное энергосбережение, что особенно актуально при увеличении тарифов, которые, например, в Минске в 2009 году выросли на 15,6 %. По данным Минэкономстата РФ тарифы в 2009–2011 гг. вырастут на 65 %.

Статистика расчетного центра «Иста Митеринг Сервис», в нижеприведенных табл. 1 и табл. 2 убедительно свидетельствует о настоятельной необходимости обязательного применения во всех возводимых и реконструируемых зданиях комплекса регулирования подачи и учета расходов теплоносителя, которые уже массово применяются в Российской Федерации.

Табл. 1. Нормативный и фактический расход теплоносителей

Город	Норматив, утвержденный исполкомом, Гкал/м ²	Жилые дома, оборудованные системой поквартирного регулирования и учета, Гкал/м ²	Экономия, %
Минск	0,1185	0,0763–0,0881	35,6–25,5
Брест	0,1206	0,0462–0,0775	61,7–35,7
Гомель	0,1150	0,0674–0,0715	41,4–37,8
Мозырь	0,1135	0,0510–0,0848	55,1–25,3

Табл. 2. Удельное теплопотребление жилых домов

Удельное теплопотребление жилых домов, Гкал/м ²				
Средний норматив для безучетных квартир по г. Минску	Здания с поквартирным регулированием и учетом теплопотребления			
	ЖСК-219, г. Брест	ЖСК-227, г. Брест	КИЗ Луч-204 г. Мозырь	КИЗ Припять-2005 г. Мозырь
0,1177 (100 %)	0,0609 (51,7 %)	0,0746 (63,4 %)	0,0515 (43,6)	0,0771 (65,5 %)

ЗНАЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ И УЧЕТА
ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ
В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

И.Ф. ФИАЛКО

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МИПК и ПК

Минск, Беларусь

Более 35 % энергоресурсов Республики Беларусь расходуется на отопление зданий. Для отопления и горячего водоснабжения жилого фонда потребляется около 40 % производимой в стране тепловой энергии.

Системы отопления должны обеспечивать требуемые тепловые условия в помещениях зданий при минимальных расходах тепловой энергии. Современная система отопления позволяет в автоматическом режиме перераспределять тепловые потоки между помещениями, максимально использовать любые вносимые в отапливаемое помещение регулярные и нерегулярные внутренние и внешние тепlopоступления, должна быть программируемой на любые тепловые режимы эксплуатации и регистрировать тепlopотребление здания в целом и каждого помещения отдельно.

Для создания таких современных систем отопления требуется значительное техническое разнообразие запорной и регулирующей арматуры, определенный комплекс регулирующих приборов и теплосчетчиков.

Если система отопления разрегулирована, обычным является устраняемый проветриванием перегрев помещений в квартирах на верхних этажах и вблизи тепловых узлов. Отсутствие элементов регулирования для обеспечения расчетных расходов теплоносителя приводит к неравномерности прогрева отапливаемых помещений, как следствие, дискомфорту, увеличению мощности циркуляционных насосов и перерасходу тепловой энергии.

В зданиях, где учет тепlopотребления систем осуществляется единым прибором, а подогрев горячей воды определяется по ее фактическому расходу, количество тепловой энергии на отопление завышено из-за некорректного разделения составляющих системы отопления и горячего водоснабжения. Существенную экономию (от 20 до 50 %) тепловой энергии обеспечивает оснащение жилых зданий системой индивидуального учета и регулирования тепловой энергии. Без индивидуального учета тепlopотребления каждой квартирой, эффект регулирования минимален, так как оплата отопления по усредненным расходам теплоты в зависимости от общей площади квартиры не учитывает индивидуальных условий эксплуатации и качества регулирования расходов и температур теплоносителя. Установка на каждом отопительном приборе термостатических клапанов позволяет потребителю регулировать тепlopотребление индивидуально.

Известно, что физико-химические эксплуатационные свойства (прочность, теплопроводность, водостойкость и др.) газонаполненных полимеров, зависят, в значительной степени, от плотности материала, отражающей соотношение твердой и газообразной фаз в материале.

Увеличение концентрации полимерной составляющей в композите обуславливает рост прочностных характеристик и повышение водостойкости материала. Известно, что у жесткого пенополиуретана без наполнителя низкие значения водопоглощения обусловлены большой концентрацией в объеме закрытых пор (до 98 %).

Анализ результатов испытаний композита показал, что с увеличением плотности пенополиуретана, наполненного опилками, растут прочность при изгибе и теплопроводность. При этом логарифм этих показателей имеет линейную зависимость от плотности материала. По экспериментальным данным из линейной зависимости были рассчитаны значения теплопроводности и прочности на изгиб для разных плотностей.

Установлено, что теплопроводность, прочность и водостойкость экспоненциально увеличиваются с ростом плотности материала. Теплопроводность наполненного опилками пенополиуретана при низких значениях плотности ($200\text{--}450\text{ кг/м}^3$) изменяется в пределах 0,033 до 0,050 Вт/м·К, что примерно в 2,5–3 раза ниже теплопроводности древесины, при этом композит обладает высокими показателями водостойкости и прочности. Разбухание по толщине при выдержке композита в воде в течение 24 ч не превышает 1–1,5 %. При выдержке в воде образцов нового материала в течение 14 суток – разбухание по толщине не превышает 2 %, а водопоглощение – 12–13 %.

Наиболее оптимальное содержание пенополиуретана в композите для использования его в качестве теплоизоляционного материала находится в пределах 70–50 %, т.к. в этом интервале материал обладает низкими значениями теплопроводности, водостойкостью и достаточной прочностью, которая соответствует прочностным показателям традиционно используемых теплоизоляционных материалов.

УДК 621.9
ОПТИМИЗАЦИЯ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ОТВЕРСТИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ

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

Предлагаемая несущая конструкция используется при производстве предварительно напряженных железобетонных плит пустотелого настила методом непрерывного формования отверстий. Стальная балка (Ст 3) крепится к стальным стойкам, которые установлены в бетонном колодце. Балка представляет собой сборную конструкцию, состоящую из четырех однотипных элементов (плит).

Одним из элементов указанной конструкции является стальная балка (Ст 3), которая крепится к стальным стойкам, установленным в бетонном колодце. Решение задачи проводилось в два этапа. На первом этапе оптимизировалась конструкция балки, на втором – стальных стоек.

Балка представляет собой сборную конструкцию, состоящую из четырех однотипных элементов (плит). Одно из допущений, принятых в расчете связано именно с формой сечения, которое рассматривалось как тонкостенный замкнутый профиль.

Основным элементом конструкции выступает плита направления, к которой крепятся одиннадцать тросов. Нагрузки приложены перпендикулярно оси балки и возникают за счет усилий натяжения в тросах. Характер приложения нагрузок позволяет сказать, что балка работает в условиях совместного действия изгиба и кручения.

Задача оптимизации конструкции балки связана с изменением технологического процесса. В результате внесенных в технологический процесс изменений, возросла нагрузка на каждый из тросов. При пробной работе конструкции в заданных новых условиях было отмечено, что плита направления сильно деформируется. Существует опасность потери прочности и жесткости. Также с точки зрения техники безопасности эксплуатировать конструкцию становится невозможным.

В предлагаемых условиях нагружения величины рабочего напряжения достигли $\sigma = 300$ МПа (предел текучести материала балки $\sigma_T \approx 330$ МПа). Кроме того, как показали расчеты, при этих условиях работы деформации и напряжения в стойках возросли незначительно и опасными не являются.

Чтобы избежать потери прочности и жесткости, необходимо оптимизировать конструкцию балки за счет изменения формы и размеров ее поперечного сечения. Изменение толщины профиля приводило к изготовлению новой балки. Эта работа требовала достаточно времени и значительных

УДК 666.972.16
ТВЕРЖДЕНИЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В РАСТВОРЕ
СОЛИ-ЭЛЕКТРОЛИТА

П.Л. ФЕДОРОВИЧ, В.Д. ЯКИМОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Применение ускорителей твердения известно давно и широчайшим образом используется в приготовлении бетонных и растворных смесей с водой затворения или при перемешивании их с цементом в сухом виде. Недостатком указанного способа применения является значительное сокращение сроков схватывания. В НИИЛ бетонов и строительных материалов была поставлена цель ускорить твердение цементного бетона, не изменяя при этом его сроков схватывания.

Испытания проводились на ПЦ 500 Д0, изготовленном ОАО «Красносельскстройматериалы».

Порядок проведения эксперимента: цемент затворяли водой в количестве, соответствующем нормальной густоте, полученное цементное тесто помещали в формы с размером ячеек 20х20х20 мм. Тесто уплотняли на встряхивающем столике. Затем формы с цементным тестом помещали в заранее подготовленные емкости, в одной из которых была залита вода, а в другой – 10 %-ный раствор NaCl, где и происходило твердение на протяжении всего эксперимента. Параллельно, для сравнения прочностных характеристик ПЦ затворяли водой с 2 %-м содержанием NaCl и также помещали его в емкость с водой. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Табл. 1. Прочность цементного камня, твердеющего в различных средах

Время	Прочность цементного камня, МПа				
	ПЦ без добавок; твердение в воде без добавок	ПЦ без добавок; твердение в 10 %-м растворе NaCl		Твердение в воде; NaCl введен с водой затворения (2 % от массы цемента)	
1 суток	5,2	10,3	+98 %	8,6	+65,4 %
3 суток	25,2	31,6	+25,4 %	37,0	+46,8 %
7 суток	34,2	39,2	+14,6 %	56,5	+65,2 %
14 суток	58,3	58,3	0 %	58,2	0 %
28 суток	65,9	61,3	-7,0 %	61,8	-6,2 %

Таким образом, созданием среды твердения в достаточно позднем возрасте (после укладки в форму) можно ускорить темпы набора прочности, не изменяя при этом реологию и сроки схватывания смеси до ее укладки.

П.Л. ФЕДОРОВИЧ, Д.С. ПРОКОПЕНКО, Д.И. СОРОКИН
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В связи с необходимостью контроля качества анкеров для термически упрочненной арматурной стали при изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций, в частности, многопустотных плит перекрытий в НИИЛ бетонов и строительных материалов была разработана методика. Необходимость разработки данной методики была вызвана отсутствием таковой в ТНПА.

При испытаниях использовалось испытательное оборудование и средства измерений в соответствии с ГОСТ 12004-81. Для испытаний анкеров было изготовлено специальное устройство, которое состоит из двух пластин с отверстиями находящимися на одной оси, которые соединяются между собой двумя шпильками. В отверстия вставлялись арматурные стержни со стопорными кольцами, надетые на анкера.

Нагрузка при испытаниях анкеров была принята 90 % от условного предела текучести арматурной стали класса S800. Условный предел текучести арматурной стали определялся на основании предварительных испытаний представленной арматуры. Оценку качества концевых анкеров проводили по значению нагрузки. Анкер считался выдержавшим испытание, если при приложении расчетной нагрузки не происходило деформаций анкера в течение 1 мин. Результаты испытаний не учитываются в следующих случаях: при деформации конструкции устройства для испытаний, при разрыве образца в захватах испытательной машины; при обнаружении ошибок в проведении испытаний или записи результатов испытаний. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты испытаний

Номер пары образцов	Фактическое значение условного предела текучести, МПа	Расчетное значение нагрузки на образцы (90 % от σ_y), кН	Результаты испытаний
1	1010	102,7	Разрушений и деформаций анкера не обнаружено
2	978	99,4	
3	991	100,8	

финансовых затрат. Следовательно, оптимальным решением явилось изменение конструкции существующей балки.

Чтобы снизить напряжения и деформации предложено два варианта изменения конструкции.

1. По длине балки расположить несколько ребер жесткости, перпендикулярных к продольной оси балки и плите направления. Однако особенности крепления тросов не позволили его принять, т.к. процесс замены троса был бы трудоемким.

2. По длине балки сделать ребро жесткости в виде плиты, расположенной вдоль оси балки, перпендикулярно плите направления. Толщина плиты при этом должна быть от 25 до 30 мм. Расчеты на прочность в данном случае показывают, что напряжения снижаются до 230 МПа в опасном сечении и увеличивается запас прочности почти 1,43 раза. Наибольшая деформация плиты направления составила 4 мм.

Как показала практика, внесенное изменение в конструкцию балки позволило увеличить действующие нагрузки, а также добавить тросы.

Следует отметить, что при увеличении нагрузки на каждый трос, а также увеличение количества самих тросов привело к увеличению напряжений и росту деформаций в стойках. Если предполагается и далее изменять условия работы конструкции то стойки поперечное сечение которых – двутавр № 40, не обеспечивают достаточной прочности и жесткости. Нужно отметить, что расстояние от оси балки до дна бетонного колодца – 1780 мм. Длина участка стойки, находящегося в колодце – 1500 мм, поперечные размеры колодца рассчитаны под вышеуказанный двутавр.

Чтобы в дальнейшем работа конструкции в любых условиях была безопасной, требуется принять новую конструкцию стойки. Здесь также было предложено использовать несколько вариантов конструкции.

1. Сварные стойки, поперечное сечение которых состоит из двух двутавров № 40. Однако данный вариант неприемлем, так как для установки подобной стойки требуется увеличить поперечные размеры бетонного колодца, что нежелательно.

2. Стойки, поперечное сечение которых представляет симметричный двутавр из прямоугольников. Данное сечение оптимально с точки зрения материалоемкости, а также особенностей монтажа всей конструкции. Указанный вариант был принят в качестве окончательного.

3. Стойки прямоугольного поперечного сечения или сечения в виде полого прямоугольника. Стойки указанных сечений могут быть использованы, но при этом нужно учитывать затруднения, которые могут возникнуть при сборке конструкции.

Расчеты проверялись на предприятии, которое занимается производством железобетонных плит пустотелого настила. Рекомендации приняты. Конструкция эксплуатируется уже год.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕХСЛОЙНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ

В.И. ДРАГАН, А.А. ЛЕВЧУК

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

В соответствии с разделом 7 СТБ 1515-2004, отклонение от плоскостности лицевой поверхности панели рекомендуется определять по зазору между плоским горизонтальным стендом и лежащей на нем панелью.

Этот метод не позволяет определить действительное отклонение от плоскостности, так как из-за низкой изгибной жесткости трехслойная панель с плоскими или слабопрофилированными обшивками стремится принять форму стенда под действием собственного веса.

В качестве иллюстрации этого утверждения в табл. 1 приведены поперечные деформации панелей различной толщины и длины от действия собственного веса при условии опирания по крайним поперечным кромкам панели (работа по однопролетной схеме).

Табл. 1. Прогибы панелей различной толщины и длины от действия собственного веса и нормируемые отклонения от плоскостности

Длина панели L, м		2,5	3	4	6	8	10	12
Прогиб, мм	Панель толщиной h = 100 мм	0,8	1,2	2,7	9,7	26,5	60,2	120,3
	Панель толщиной h = 120 мм	0,7	1,1	2,3	8,1	21,6	48,2	95,6
Максимальное допустимое отклонение от плоскостности по СТБ 1808-2007, мм		4	5	5	6	6	8	8

Из табл. 1. видно, что прогиб панелей от действия собственного веса длиной 6 м и более значительно превышает допустимое значение отклонения от плоскостности. Это значит, что при такой схеме измерений полученное значение отклонения от плоскостности достаточно длинных панелей всегда будет равно нулю, а панелей меньшей длины – будет значительно занижено.

Неучет действительного отклонения панели от плоскостности ведет к возникновению дополнительных напряжений в элементах панели при монтаже многопролетных панелей.

жения, а также факторы увеличения несущей способности с учетом особенностей поведения несвязных грунтов для различных случаев дилатирования. Проведенные исследования доказали возможность моделирования условий стеснения дилатансии, возникающих по контактной поверхности фундамента и массива грунта в лабораторных условиях.

Использование разработанных автором табличных значений расчётных сопротивлений несвязных грунтов (с учётом дилатантной составляющей сдвига несвязного грунта) на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек для соответствующих значений начального коэффициента пористости массива грунта ведёт к повышению точности расчётов несущей способности по 1-й группе предельных состояний (по несущей способности грунта основания).

УДК 624.131.37:624.131.43
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИЛАТАНТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
СДВИГА В РАСЧЁТАХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙНЫХ
ФУНДАМЕНТОВ

Т.М. УЛАСИК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Одним из факторов, повышающим несущую способность фундаментов глубокого заложения, является дилатансия несвязного грунта. Условия, при которых будут возникать дилатантные напряжения, изначально определяются не только способом устройства фундамента, но и геологическими условиями основания, например, его слоистостью. Различные грунты, залегающие от поверхности по длине свай, анкеры будут по-разному реагировать на передачу нагрузки и, следовательно, значения дилатантных напряжений и соответствующих им перемещений δ в этих грунтах будут различными. Вне зависимости от того, являются ли условия работы фундамента «стесненными» или соответствуют схеме свободного дилатирования, всегда имеет место мобилизация прочности грунта, связанная с явлением дилатансии.

Для случая работы свай (анкера на выдерживающую нагрузку) знак дилатантных перемещений изменится и δ будет больше нуля, что соответствует дилатансии, а $\delta < 0$, что соответствует контракции несвязного грунта. Отсутствие дилатантных перемещений ($\delta = 0$) и им соответствующих напряжений отражает такое состояние несвязного грунта, которое соответствует критической плотности. В проведенных опытах было отмечено, что нормальное давление при приложении сдвигающего усилия после этапа контракции на нескольких ступенях оставалось постоянным, и, только потом начинался рост нормального давления, соответствующий дилатансии. Отсутствие изменения объемных деформаций (при $\delta_2 = 0$) характерно для грунта с некоторой постоянной на этот момент плотностью, названной Д.Ю. Соболевым «начальной критической плотностью при данном уровне напряжений». Вышеописанная модель контактного сдвига будет справедлива и для однородного основания, разница будет только в значениях дилатантных перемещений. Такое дополнение модели контактного сдвига позволяет реально оценить условия работы фундаментов глубокого заложения.

Напряжения в элементах двухпролетных панелей различных толщин и длин от вертикального смещения (w) на средней опоре, равного по величине допустимому отклонению от плоскостности, приведены в табл. 2.

Табл. 2. Напряжения в элементах двухпролетных панелей различных толщин и длин от вертикального смещения w на средней опоре.

Смещение средней опоры w , мм		4	5	5	6	6	8	8
Длина панели L , м		2,5	3	4	6	8	10	12
Панель толщиной $h = 100$ мм	Нормальные напряжения в обшивках панели, МПа	18,8	21,6	17,6	13,5	9,0	8,3	6,1
	Касательные напряжения в среднем слое, кПа	7,54	7,19	4,40	2,26	1,12	0,84	0,51
Панель толщиной $h = 120$ мм	Нормальные напряжения в обшивках панели, МПа	18,9	22,1	18,7	15,0	10,3	9,7	7,1
	Касательные напряжения в среднем слое, кПа	7,56	7,37	4,67	2,52	1,29	0,97	0,58

Крепление к несущим конструкциям панелей с максимальными допустимыми отклонениями от плоскостности по многопролетным схемам ведет к дополнительным, значительным по величине, напряжениям в обшивках и среднем слое панелей.

Для предотвращения возникновения неучтенных расчетом напряжений и исключения перегрузки панелей, необходимо контролировать отклонение от плоскостности, установив панель в вертикальное положение (продольные замки панели ориентированы горизонтально), когда на измеряемую величину не оказывает влияния сила тяжести. Отклонение от плоскостности – максимальный зазор между нитью, натянутой между двумя крайними точками панели и поверхностью панели.

Е.М. ДЯТЛОВА, С.В. ПЛЫШЕВСКИЙ, Е.С. КАКОШКО

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Повышение термомеханических свойств керамических кладочных материалов является актуальной задачей, так как позволит использовать их для строительства и надежной эксплуатации теплогенерирующих устройств различного назначения.

Для получения термостойкого кирпича синтезированы опытные образцы керамических материалов на основе сочетания тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Лукомль», «Осетки», «Гайдуковка» и каолина месторождения «Ситница». В качестве отощителей в керамических массах использован алюмосиликатный шамот (лом отработанных огнеупорных изделий) и дегидратированная тугоплавкая глина месторождения «Городное», которые обеспечивают более высокие механические и термические свойства материалов. Использован двухфракционный состав шамота и дегидратированной глины с соотношением крупной фракции (1–2 мм) к мелкой (менее 0,5 мм) как 1:1. Увеличено соотношение тугоплавкой и легкоплавкой глины до 75:25.

Установлено, что лучшим комплексом физико-химических свойств (меньшими показателями водопоглощения и пористости, большими – механической прочности при сжатии и изгибе) обладали опытные образцы из шихтовых композиций на основе сочетания тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Лукомль» и «Осетки»; отощитель – шамот алюмосиликатный (табл. 1.).

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что основной кристаллической фазой в образцах этих серий является кварц ($\alpha\text{-SiO}_2$), сопутствующими – муллит, анортит, гематит, кристобалит; в структуре присутствует дегидратированное глинистое вещество и небольшое количество стеклофазы.

Исследовано поведение керамических материалов при длительном термоциклировании (нагрев образцов до 800 °С, выдержка при ней 30 мин и резкое охлаждение в воде). При этом фазовый состав качественно не изменяется во всех исследуемых образцах, однако, отмечается некоторое снижение интенсивности дифракционных максимумов фаз, что свидетельствует о снижении степени закристаллизованности материала, так как происходит термическое старение керамики с поверхностным нарушением структуры зерен и ослаблением внутрикристаллических связей.

– напряжение монолитных плит в построечных условиях улучшает работу бетона в зоне растягивающих усилий. Это достигается за счет обжимного усилия, возникающего при растяжении и дальнейшей анкеровки арматурных канатов;

– преднапряжение плитных конструкций является технологически более сложным процессом, по сравнению с возведением обычных монолитных конструкций, т.к. необходимы дополнительные операции, требующие специального оборудования, оснастки, а также высококвалифицированных специалистов;

– требуется применение специальных материалов и изделий, специального оборудования: высокопрочных канатов, канатных оболочек, анкеров, домкратов для натяжения канатов, оборудования для нагнетания раствора в канатные оболочки. Все перечисленное оборудование является специальным, и применение его для других целей невозможно;

– требуется повышенное качество выполнения арматурных и бетонных работ. Величины и направления действия усилий натяжения в большей степени зависят от расположения каната в толще бетона плиты, что в свою очередь, сказывается на работе перекрытия под нагрузкой;

– реализация преднапряжения в построечных условиях позволяет существенно увеличить пролет перекрытий возводимых сооружений;

– при прочих равных условиях, преднапряжение позволяет уменьшить толщину плитных конструкций, что ведет к сокращению веса здания и уменьшению расхода бетона. Снижение веса перекрытий позволяет сократить нагрузку, и соответственно, расход материала на вертикальные элементы, снизить сроки и стоимость возведения фундаментов, что особенно важно при сложных грунтовых условиях строительства;

– расход высокопрочной напрягаемой арматуры в преднапряженных конструкциях значительно меньше, чем обычной ненапрягаемой арматуры класса S400 или S500. Это позволяет сократить расход ненапрягаемой арматуры, исходя из ограничений по ширине раскрытия трещин и прогибам конструкций. При этом, с уменьшением расхода ненапрягаемой арматуры, сокращаются расходы на ее укладку, изготовление из нее изделия, транспортировку и хранение;

– возникающие в приколлонной зоне вертикальные усилия, вследствие изменения кривизны расположения напрягаемых канатов, позволяет улучшить работу перекрытия на срез и уменьшить количество требуемой в этой зоне поперечной арматуры;

– применение преднапряжения в построечных условиях обеспечивает снижение стоимости возведения каркасных зданий с пролетами более восьми метров, при этом возводимые здания являются современными и отличаются высокими эксплуатационными характеристиками.

О.А. СТАРОСТИНА

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

Политика ресурсосбережения, проводимая в строительной отрасли Республики Беларусь, вынуждает проектировщиков и инженеров искать различные способы экономии материалов. Относительно монолитного строительства мировой опыт свидетельствует, что при внедрении технологий напряжения - достигается существенная экономия арматурной стали.

В подавляющем большинстве случаев, преднапряжение выполняется в заводских условиях для отдельных сборных конструкций с последующей их транспортировкой к месту строительства. Применение преднапряжения в построечных условиях с использованием бетонов на ненапрягающих цементах развито сравнительно мало.

Технология строительства каркасов зданий, с последующим преднапряжением их в построечных условиях, технологически не отличается от технологии возведения зданий без предварительного напряжения. Разница заключается в необходимости установки дополнительных элементов, представляющих собой канаты в оболочке, и последующего их натяжения с анкерровкой при заданных усилиях. Канаты могут располагаться как вдоль прямой, так и по кривой в соответствии с эпюрой изгибающих моментов в многопролетных неразрезных плитах, ближе к нижней грани в пролете или ближе к поверхности у опор.

Преднапряжение в построечных условиях применяют также для плитных конструкций по грунту – фундаментных плит и бетонных полов промышленных зданий и торговых центров.

В результате применения предварительного напряжения в построечных условиях появляется возможность существенно снизить материалоемкость за счет применения более простой конструкции фундамента, увеличить темпы роста и снизить затраты на использование машин и механизмов.

В расчетной модели напрягаемого перекрытия монолитного каркаса здания следует учитывать, что для преднапряжения без сцепления с бетоном напрягаемая арматура передает только усилия в местах анкерровки и перегиба канатов, что может быть отражено в расчетной схеме внешними силами, приложенными к конструкции.

При принятии решения об использовании предварительного напряжения в построечных условиях необходимо принять во внимание ряд факторов:

Табл. 1. Показатели свойств опытных образцов оптимальных составов

Наименование свойства	Показатели свойств	
	образец 1/1	образец 2/2
Водопоглощение, %	8,03	8,43
Пористость открытая, %	17,79	18,43
Плотность кажущаяся, кг/м ³	2215	2186
Механическая прочность при сжатии, МПа	53,97	20,95
Механическая прочность при изгибе, МПа	17,99	8,65
ТКЛР, 10 ⁶ К ⁻¹	5,82	4,62
Теплопроводность, Вт/м·К	0,846	0,648
Термостойкость, количество теплосмен	более 50	более 50

Для данных керамических материалов разрабатывались составы кладочного раствора (мертеля) с повышенными термомеханическими характеристиками с целью гармонизации свойств композиции «керамический кирпич–мертель», представляющей сочетание обожженного и сырого материала. В качестве глинистых компонентов использовались те же сырьевые материалы, что и для изготовления печного кирпича, а в качестве отошающих материалов использовался шамот из боя, разработанного термостойкого керамического кирпича, кроме того вводилось низкоактивное вяжущее – конвертерный шлак БМЗ и водоудерживающая добавка – продукт переработки кубового остатка производства искусственного волокна.

Установлено, что кладочный раствор является холоднотвердеющим, набирает за 28 суток такую же прочность при сжатии, как известные мертели для низкотемпературных промышленных печей (1,8–5,7 МПа), а после термообработки при температуре 800 °С имеет прочность 9 МПа и высокую термостойкость (20–25 теплосмен).

Исследование фазового состава мертеля, подвергнутого термообработке в градиентной печи в температурном интервале 100 – 800 °С, показало, что его качественный фазовый состав независимо от температуры обработки идентичен и представлен в основном кварцем, небольшими количествами гематита и анортита, о чем свидетельствуют интенсивные дифракционные максимумы кварца. Радикальных фазовых изменений в мертеле в температурном градиенте 200–800 °С не происходит, что обеспечит стабильные эксплуатационные характеристики кладочных композиций при длительной работе печи.

Разработанный состав мертеля имеет относительно высокую жаростойкость (1000–1150) °С и ТКЛР (5,3–6,8)·10⁻⁶К⁻¹. Указанные свойства мертеля при высокой адгезионной способности обеспечивают кладочной композиции «керамический кирпич–мертель» термостойкость более 20 теплосмен, что позволит увеличить срок эксплуатации бытовых, банных печей, каминов и других низкотемпературных тепловых установок.

В.А.ИВАНОВ

Учреждения

«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС РБ» НПЦ

Могилев, Беларусь

Огнезащита предназначена для повышения фактического предела огнестойкости конструкций до требуемых значений и для ограничения предела распространения огня по ним, при этом обращается внимание на снижение, так называемых, побочных эффектов (дымообразования, выделения газообразных токсичных веществ). Эту задачу выполняют путем использования теплозащитных и теплопоглощающих экранов, специальных конструктивных решений, огнезащитных составов, технологических приемов и операций, а также применением материалов пониженной горючести.

Огнезащитное действие экранов основывается либо на их высокой сопротивляемости тепловым воздействиям при пожаре, сохранении в течение заданного времени теплофизических характеристик при высоких температурах, либо на их способности претерпевать структурные изменения при тепловых воздействиях с образованием коксоподобных пористых структур, для которых характерна высокая изолирующая способность. Расположение огнезащитных экранов может осуществляться либо непосредственно на поверхности защищаемых конструктивных элементов, либо на откосе с помощью специальных мембран-коробов, каркасов, закладных деталей.

Огнезащита предусматривает применение конструктивных методов, использование теплозащитных экранов из облегченных составов, наносимых на поверхность конструкций высокопроизводительными промышленными методами, разработку материалов, обладающих свойствами пониженной пожарной опасности (трудновоспламеняемые, трудногорючие).

Конструктивные методы огнезащиты включают обетонирование; кладку кирпичом; оштукатуривание поверхности элементов конструкций; использование крупноразмерных листовых и плитных огнезащитных облицовок; применение огнезащитных конструктивных элементов (например, огнезащитных подвесных потолков); заполнение внутренних полостей конструкций; подбор необходимых сечений элементов; обеспечивающих требуемые значения пределов огнестойкости конструкций; разработку конструктивных решений узлов примыканий, сопряжений и соединений конструкций и др. При увеличении сечений элементов используют те же марки бетона, кирпича и других материалов, что и при изготовлении защищаемой конструкции.

цементного камня вещества соли. Кроме этого, очевидно увеличение прироста массы образцов после ~ 20 циклов, что связано с нарастающей деструкцией бетона.

Необходимо отметить, что рост пористости бетона в процессе испытаний связан и с воздействием знакопеременных деформаций при нагреве и резком жидкостном охлаждении, особенно по поверхности (в наружных слоях) бетонных образцов. Накапливающиеся дефекты структуры катализируют рост поглощаемой жидкости и снижение прочности бетона. Этот отрицательный эффект интенсифицируется с увеличением количества вводимой минеральной добавки.

Обобщая полученные экспериментальные данные, можно сделать следующие выводы о влиянии миндобавки из молотого гранитного отсева на водо- и солестойкость бетона.

В условиях эксплуатации в воде или грунтах (подводные и подземные части зданий и сооружений), введение в бетон миндобавки из молотого гранитного отсева в количестве до 20–25 % от массы смешанного вяжущего допустимо, т.к. при этом обеспечивается стабильный рост прочности бетона.

Одинаковые тенденции в процессе сорбции воды твердеющим цементным камнем (бетоном в целом) без и в присутствии минеральной добавки, установленные по изменению массы образцов, свидетельствуют о стабильности структуры и идентичности закономерностей ее формирования при условиях твердения в неагрессивной (благоприятной) среде.

В условиях испытаний и эксплуатации, при попеременном увлажнении (в воде и растворе соли) – высушивании, введение в бетон минеральной добавки снижает его устойчивость, что проявляется в более высоком темпе снижения прочности бетона с миндобавкой, особенно с повышением ее дозировки ≥ 20 % от массы смешанного вяжущего (≥ 25 % от массы цемента).

В процессе циклического увлажнения-высушивания растет количество поглощаемой бетоном жидкости, как отражение роста открытой (сообщающейся) макрокапиллярной пористости, особенно при дозировке миндобавки ≥ 20 % от массы «СВ», что может сопровождаться снижением долговечности бетона с добавкой молотого гранитного отсева.

Особенностью эксплуатации строительных конструкций в солевой среде является значительный период уплотнения структуры и упрочнения бетона, в том числе и бетона с миндобавкой. Этот положительный фактор обеспечивает возможность применения миндобавки из молотого гранитного отсева в бетоне конструкций, постоянно эксплуатирующихся во влажной (включая агрессивные) среде. Однако это не может распространяться на условия эксплуатации, когда конструкции подвергаются переменному увлажнению-высушиванию и, особенно, если к бетону предъявляют повышенные (более 200 циклов) требования по морозостойкости.

УДК 666.972
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА С МИНЕРАЛЬНОЙ
ДОБАВКОЙ В ВИДЕ МОЛОТОГО ГРАНИТНОГО ОТСЕВА

А.В. СМОЛЯКОВ, В.И. МАЦКЕВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Авторами были рассмотрены вопросы экспериментальных исследований эксплуатационных свойств бетона с минеральной добавкой в контексте проблемы эффективного использования гранитного отсева РУПП «Гранит» г. Микашевичи, Брестской области, образующегося в виде побочного продукта при дроблении исходной горной породы на заполнители для бетона.

Введение в бетон минеральной добавки, заменяющей часть активного вяжущего, не может не сказаться на структуре (пористости) цементного камня и бетона, в целом. Для оценки степени этого влияния, в зависимости от свойств и количества введенной минеральной добавки, был проведен ряд экспериментальных исследований влияния минеральной добавки из молотого гранитного отсева РУПП «Гранит» на водо-, соле-, морозостойкость, а также его защитные свойства по отношению к стальной арматуре. Приведены эти результаты влияния миндобавки из молотого гранитного отсева на водо- и солестойкость бетона.

В процессе исследований выявили влияние количественного содержания минеральной добавки – продукта помола гранитного отсева, на определяемые свойства бетона с целью установления рациональной (допускаемой) области его применения при производстве (возведении) строительных конструкций. Во всех случаях применена минеральная добавка, измельченная до тонкости помола цемента, т.е. примерно до $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ ($300 \text{ м}^2/\text{кг}$). Эта тонина помола добавки принята, как наиболее рациональная, т.е. обеспечивающая положительный эффект роста прочности цементного камня до дозировки ее в 30 % от массы цемента. Минеральную добавку в бетон вводили в количестве 0; 10; 20 и 30 % от массы цемента, отслеживая затем закономерности изменения определяемых свойств в зависимости от ее доли в смешанном вяжущем: «портландцемент + минеральная добавка».

Влияние вводимой минеральной добавки на водо- и солестойкость бетона оценивалась исходя из данных о изменении массы и прочности испытуемых образцов.

При насыщении в растворе соли, с последующим высушиванием, прирост массы образцов бетона, в целом, оказался значительно больше (в сравнении с насыщением водой), что можно объяснить «поглощением» порами

Огнезащитные краски, лаки, эмали «затормаживают» воспламенение материалов, уменьшают распространение пламени по поверхности материалов, а также выполняют следующие функции: являются защитным слоем на поверхности материалов, поглощают тепло в результате разложения, выделяют ингибиторные газы, высвобождают воду, ускоряют образование коксового слоя на поверхности материала. Они подразделяются на две группы: не вспучивающиеся и вспучивающиеся. Не вспучивающиеся краски при нагревании не увеличивают толщину своего слоя. Вспучивающиеся краски при нагревании увеличивают толщину слоя в 10–40 раз. Как правило, вспучивающиеся краски более эффективны, так как при тепловых воздействиях происходит образование вспененного слоя, представляющего собой закоксованный расплав негорючих веществ (минеральный остаток). Образование этого слоя происходит за счет выделяющихся при нагревании газо- и парообразных веществ. Коксовый слой обладает высокими теплоизоляционными свойствами.

Создание трудногорючих материалов достигается путем поверхностной и глубокой пропитки материалов специальными составами, введения антипиренов в состав исходных композиций, использования различных минеральных наполнителей, а также путем использования разнообразных технологических приемов.

Применительно к конструктивным элементам из фанеры и древесных пластиков могут использоваться следующие методы огнезащиты: пропитка листов шпона перед склеиванием; пропитка готовых клееных изделий антипиренами различными способами; пропитка листов шпона феноло-, креозоло- формальдегидными способами; окраска фанеры специальными огнезащитными красками; создание покрытий на основе термореактивных смол, с использованием различных огнезащитных наполнителей, в процессе горячего прессования при производстве фанеры.

В последнее десятилетие достигнут существенный прогресс в разработке составов для конструкций, которые позволяют повышать до требуемых значений огнестойкость металлических конструкций, ограничить распространение огня по несущим деревянным конструкциям, а также решать различные вопросы пожарной безопасности легких панелей с эффективными утеплителями.

При применении пропиточных составов, содержащих антипирены, вспучивающихся красок, лаков и эмалей может ставиться задача некоторого снижения распространения пламени по поверхности деревянных конструкций, либо перевода древесины в группу трудногорючих материалов, что дает возможность резко ограничить распространение огня до нормируемых пределов.

С.В. ИГНАТОВ, Л.В. КОНОТОП
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Физические процессы, возникающие при устройстве буроинъекционных анкеров и свай и при цементационном упрочнении грунтов оснований, на сегодняшний день не достаточно изучены. Многими исследователями и практиками фундаментостроения отмечается изменение плотности сложения песчаного и глинистого грунта, и, как следствие, изменение прочностных характеристик. Однако зона влияния и величина изменения плотности, угла внутреннего трения, сцепления не учитывается. Это, в свою очередь, приводит к повышению расхода строительных материалов на фундаменты, увеличению продолжительности возведения нулевого цикла, а также к повышению общей стоимости строительно-монтажных работ.

С целью контроля качества выполненных инъекционных работ и установления изменчивости прочностных характеристик грунта, по прошествии 2 лет после упрочнения грунта, было выполнено контрольное динамическое зондирование на объекте «Усадебный дом в имении Ваньковичей Большая Слепянка».

Полученные результаты сопротивления зондированию, в зависимости от расстояния от осей инъекционных скважин на опытных участках, свидетельствуют об его увеличении с глубиной и возле стенок скважины. На качество выполненного буроинъекционного усиления повлияли технология производства работ, качество инъекционной смеси. В процессе полевых исследований было определено, что сопротивление зондированию упрочненного грунта увеличивается до двух раз по сравнению с грунтом в природном залегании.

По результатам выполненного динамического зондирования, авторами были определены физико-механические свойства грунтов до и после усиления. Также было произведено численное моделирование деформаций грунтов основания от дополнительно прикладываемой нагрузки, без учета и с учетом инъекционного упрочнения грунтов при помощи программного комплекса Lira. По результатам расчета было выявлено, что деформации фундаментов на упрочненных грунтах уменьшаются на 21,1 %, по сравнению с состоянием основания до упрочнения.

О.С. СИНЬКЕВИЧ, Н.В. ПОПОВА, В.Д. ЯКИМОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Для исследования процессов структурообразования цементного камня и оценки структуры материала, формирующейся в процессе его твердения, предлагается метод на основе измерения контракционного объема, т.е. разницы между абсолютными объемами цементного материала с начала измерений до исследуемого момента времени. Каждому минералу цемента свойственна контракция; она начинается после добавления воды и достигает максимума при полной гидратации. Данная методика устанавливает порядок проведения измерений контракции цемента во времени.

Сущность методики определения контракции основана на измерении уровня столба жидкости в стеклянной трубке, расположенной над цементным тестом, помещенным в герметичный сосуд. Готовим цементное тесто нормальной густоты объемом 700 см^3 и помещаем в сосуд объемом 1000 см^3 , уплотняем его встряхиванием и доливаем воду. Сосуд закрываем крышкой и герметизируем, при этом не допуская попадания пузырьков воздуха. После герметизации сосуда в стеклянную трубку, расположенную в крышке, доливаем воду до нулевой отметки и начинаем отсчет времени. До этого момента методика напоминает аналогичную в ГОСТ 10060.4-95 «Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости». Однако отличие состоит в том, что цена деления стеклянной трубки, по которой фиксируются показания, составляет $0,01 \text{ см}^3$. При этом длительность операций от момента приливания воды к цементу до начала отсчета не должна превышать 10 мин. Измерения выполняем при постоянной температуре в диапазоне $(18-22)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(60-85)\%$. Контракцию измеряем через каждые 5 минут до интересующего момента, отмечая по шкале уровень воды в трубке с точностью до $0,005 \text{ см}^3$.

По полученным результатам строим график изменения контракции во времени, по которому производим анализ как самого цемента, так и процесса его гидратации.

Достоинством данной методики является высокая точность, что позволяет получать не только конечную величину контракции и ее скорость, но и крайне необходимые данные о ранних этапах гидратации цемента, начиная с момента в 10-15 минут от затворения цемента водой. Благодаря этому возможно дальнейшее изучение процессов гидратации, что позволит внести большую ясность в сущность механизма твердения цемента, а также позволит оперативно оценивать качественные характеристики цемента.

Л.А. СИВАЧЕНКО, Е.А. ШАРОЙКИНА, А.Н. ХУСТЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь происходит подъем строительной индустрии, что приводит к потребности постоянного увеличения объемов производства строительных материалов, и, особенно цемента. Это заставляет производителей и исследователей искать новые энергосберегающие технологии помола, заниматься разработкой более эффективного оборудования.

Однако следует отметить, что как в РБ, так и в странах СНГ помол портландцементного клинкера осуществляют преимущественно в шаровых барабанных мельницах (ШБМ). Они имеют КПД менее 1 % и характеризуются огромными эксплуатационными издержками, особенно по электроэнергии. В технологии изготовления цемента важной проблемой является оптимизация энергозатрат, необходимых для измельчения клинкера и добавок, а также повышение характеристик дисперсности цемента. Помольное оборудование цементной промышленности нашей страны устарело физически и морально и не удовлетворяет современным требованиям, особенно, с точки зрения, энергопотребления, и уступает по основным показателям в 1,5–1,7 раза лучшим предприятиям-производителям цемента. На данном оборудовании можно получать цемент с удельной поверхностью $S_{уд} = 280\text{--}350 \text{ м}^2/\text{кг}$ при энергозатратах 30–35 кВт·ч/т, что соответствует цементу марки М500. Однако зарубежный опыт показывает, что за счет рациональной организации технологического процесса и модернизации помольного оборудования можно достичь получения продукта с удельной поверхностью до $S_{уд} = 600 \text{ м}^2/\text{кг}$, что обеспечит получение цемента марки М600 и выше, с энергозатратами на уровне затрат при выпуске цемента марки М400 традиционным способом или снижение затрат до уровня 22–25 кВт·ч/т при производстве рядового цемента.

Повышение эффективности работы ШБМ является одной из задач, решение которых приведет к росту объемов выпуска и повышению качества продукции цементных предприятий.

В то же время наметилась устойчивая мировая тенденция применения новых агрегатов для предварительного измельчения цементного клинкера, которые сокращают удельные энергозатраты на 20–25 %. К числу таких агрегатов можно отнести валковые машины различных типов, молотковые, центробежные дробилки, рессорно-стержневые мельницы и т.д.

По результатам проведенных полевых исследований и численного моделирования можно сделать следующие выводы:

– при инъекционном упрочнении грунтов оснований происходит увеличение сопротивления динамическому зондированию, что, в свою очередь, показывает об улучшении физико-механических характеристик грунтов оснований;

– качество проведения инъекционного упрочнения грунтов основания существенно влияет на деформативные свойства грунтов оснований: приращение осадок фундамента при некачественном упрочнении (при простой заливке цементного раствора в скважину) составляет до 20 % по сравнению с осадками, имеющими место при опрессовке грунта;

– наличие большого разброса в результатах исследований свидетельствует о необходимости выполнения контрольных исследований грунтов оснований после выполненного упрочнения на каждом объекте.

Ю.А. КАТЬКАЛО, Е.Н. ПОДСТРЕЛОВА, Н.В. ТУЛУЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Разработано несколько способов определения радиусов на закруглениях автомобильных дорог с применением электронного тахеометра: по прямоугольным координатам, по двум касательным и углу, по касательной и углу. Установлены области применения этих способов.

При определении радиуса по прямоугольным координатам на местности должны быть закреплены опорные точки: начало круговой кривой НК и середина кривой СК. Закрепляют ряд точек на круговой кривой, располагая их по кромке проезжей части. Электронным тахеометром измеряют прямоугольные координаты X_i ; Y_i этих точек. По полученным координатам вычисляют радиус круговой кривой.

Если отсутствует видимость на опорные точки, но видна значительная часть круговой кривой, применим способ определения радиуса по двум касательным и углу. Задают направления касательных, проходящих через точку стояния тахеометра. Измеряют электронным тахеометром длины касательных d_1 и d_2 и угол между ними. Этих данных достаточно, чтобы вычислить радиус круговой кривой.

Если видимость закругления значительно ограничена и видны небольшие участки круговой кривой, то можно определить ее радиус по одной касательной и углу (табл. 1). Взамен второй касательной выбирается направление на произвольную точку круговой кривой.

Табл. 1. Характеристика способов определения радиусов закруглений электронным тахеометром

Способ определения радиуса	Измеряемые величины	Формула вычисления радиуса	Область применения
По прямоугольным координатам	Координаты X_i ; Y_i	$R = \frac{\sum X_i^2 Y_i + \sum Y_i^3}{2 \sum Y_i^2}$	При обеспечении видимости на точки НК и СК
По двум касательным и углу	Угол β , длины касательных d_1 и d_2	$R = d_{cp} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}; d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$	При отсутствии видимости на точки НК и СК
По касательной и углу	Угол β , длина касательной d_1 , расстояние d_2	$R = \frac{d^2}{2d_2 \sin \beta}$	При ограниченной видимости круговой кривой

Л.А. СИВАЧЕНКО, Е.А. ШАРОЙКИНА, М.И. КУЛЕШОВ,
А.А. ГАРАФОНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

Процессы измельчения имеют чрезвычайно важное значение в промышленности. На эти цели расходуется не менее 5 % всей потребляемой человечеством энергии при КПД оборудования менее 1 %.

В современном мире, на фоне конкурентной борьбы за качество и себестоимость продукции, производители вынуждены внимательно следить за техническими новшествами в своей области, присматриваться к новинкам энерго- и ресурсосберегающих технологий. Зависимость от традиционных источников энергии нередко тормозит основное производство, не позволяет ему развиваться и наращивать объемы. Все вышесказанное, в полной мере можно отнести и к области производства цемента.

В настоящее время в технике нет большего многообразия машин по своему исполнению, чем дробильно-размольные, как нет и более несовершенных, чем эти. Процесс измельчения это не просто метод увеличения числа частиц и уменьшения их размеров, но, прежде всего, метод управления свойствами обрабатываемого материала на всех этапах его переработки.

Машины для измельчения материалов должны иметь простую конструкцию, обеспечивающую удобство и безопасность обслуживания; минимальное число изнашивающихся и поэтому легко заменяемых деталей; предохранительные устройства, которые при превышении допустимых нагрузок должны разрушаться или деформироваться, предотвращая поломки более сложных узлов. Конструкция должна отвечать санитарно-гигиеническим нормам.

Разработана рессорно-стержневая мельница. Механизм разрушения представляет собой концентрично расположенные между собой дугообразно изогнутые элементы, периодически сближающиеся между собой и производящих разрушение своими взаимнообращенными друг к другу поверхностями. При этом один из элементов неподвижен.

Наиболее целесообразно кассетное выполнение рабочего оборудования таким образом, что нижние элементы установлены неподвижно с определенным зазором, параллельно друг к другу, а верхние связаны с приводом возвратно-поступательного перемещения, также с зазором, но в плане смещены относительно нижних.

В настоящее время шаровые барабанные мельницы широко используются в производстве цемента, гипса, извести для нужд строительной индустрии, в металлургической и горно-обогатительной промышленности, а также, в производстве некоторых видов строительных материалов. Данный тип мельницы отличается простотой и надежностью, чем, прежде всего, и объясняется их широкое распространение. Однако им присущи и существенные недостатки. Основными недостатками шаровых мельниц являются: относительно большой намот металла на тонну полученного продукта. Так, в среднем, при мокром помоле кварцевого песка расход металла на тонну измельченного материала в среднем составляет 3–4 кг, а при сухом помоле 1,5–2,5 кг. По причине абразивного износа мелющих тел через каждые 150–200 часов работы мельницы производится их догрузка. Полную замену мелющих тел обычно осуществляют уже через 1800–2000 часов работы мельницы. Также существенным недостатком мельниц является малая интенсивность воздействия мелющих тел на обрабатываемый материал, что вынуждает значительно увеличивать время помола для получения материала заданных гранулометрических характеристик. Для компенсации относительно слабого ударного и истирающего воздействия мелющих тел на обрабатываемый материал и, соответственно, повышения практической производительности шаровых барабанных мельниц приходится увеличивать объем барабана, что приводит к значительному увеличению материалоемкости и энергонагруженности оборудования. К тому же необходимо учитывать, что даже при значительном увеличении объема барабана, и соответственно, габаритных размеров мельницы, коэффициент заполнения мелющими телами обычно не превышает 0,35–0,4. Перспективы дальнейшего развития шаровых барабанных мельниц также сдерживает и высокий расход электроэнергии, составляющий в среднем 35–40 кВт/ч на тонну полученного продукта.

Таким образом, остается признать, что, несмотря на широкое распространение, надежные и неприхотливые шаровые барабанные мельницы не в полной мере отвечают концепции развития современного технологического оборудования.

Снижение энергоемкости рабочих процессов с одновременным повышением долговечности рабочих органов, сокращение материалоемкости оборудования, повышение эффективности воздействия на обрабатываемый материал трудно достижимо в шаровых барабанных мельницах традиционной конструкции в силу относительно малой интенсивности воздействия на обрабатываемый материал.

И все же, несмотря на перечисленные недостатки, присущие шаровым барабанным мельницам, именно их применение позволило получать в промышленных масштабах механоактивированные материалы высокой дисперсности.

Ю.А. КАТЬКАЛО, А.С. ТЕРЕЩЕНКО, Н.В. ТУЛУЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Способ определения радиуса на закруглении автомобильной дороги по касательным и углу предполагает установку электронного тахеометра в удобной для наблюдений точке S снаружи круговой кривой. Задают направления двух касательных, проходящих через точку стояния тахеометра. Для этого находят на кривой точки касания, точки A и B . Измеряют электронным тахеометром длины касательных d_1 и d_2 и угол между ними β . Этих данных достаточно, чтобы вычислить радиус круговой кривой:

$$R = \frac{d_1 + d_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = d_{cp} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Точность определения радиуса оценивается средней квадратической ошибкой m_R . На основе теории ошибок получено:

$$m_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial d_{cp}}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial \beta}\right)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}} = d_{cp} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sqrt{\frac{m_d^2}{d_{cp}^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \beta}} =$$

$$= d_{cp} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sqrt{\frac{1}{N^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \beta}}.$$

где m_d – средняя квадратическая ошибка определения длины касательной; N – знаменатель относительной ошибки определения длины касательной; m_β – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла; ρ – число минут в радиане.

Относительная ошибка определения радиуса круговой кривой:

$$\frac{m_R}{R} = \sqrt{\frac{1}{N^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \beta}}.$$

Так как достаточно определить радиус с точностью 1/50, то можно считать, что способ определения радиуса круговой кривой по касательным и углу дает весьма удовлетворительные результаты.

УДК 691.32
РАСЧЕТ МОРОЗОСТОЙКОСТИ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НА
СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА БЕТОНА

С.Н. КОВШАР, В.В. БАБИЦКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Изучение кинетики изменения структурных и прочностных характеристик цементного камня при циклическом замораживании и оттаивании, насыщении и высушивании в растворах солей хлоридов позволило установить, что при циклических воздействиях протекают одновременно два процесса конструктивный и деструктивный. В каждый рассматриваемый промежуток времени (заданное количество циклов) изменение структурных и прочных характеристик цементного камня определяется отношением скоростей протекания конструктивного и деструктивного процесса. Для расчета морозостойкости F_6 и коррозионной стойкости N_6 бетона предложена следующая зависимость:

$$F_6(N_6) = \frac{2 \cdot \left(1 + \frac{\delta}{100}\right) \cdot f_0 \cdot \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_0} \cdot \left(1 - \frac{W_0}{100}\right)}{k_D} \cdot k_{C_3A} \cdot k_{пг} \cdot k_{в}, \quad (1)$$

где δ – допустимая потеря прочности бетона, %; f_0 – средняя прочность бетона, МПа; $\alpha_{\max}$ и α_0 – соответственно максимально возможная и фактическая степень гидратации вяжущего, %; W_0 – объем открытых капиллярных пор, %; k_{C_3A} , $k_{пг}$ и $k_{в}$ – коэффициенты, учитывающие влияние минералогического состава цемента, загрязненности смеси заполнителей и воздухововлекающих добавок на морозостойкость (коррозионную стойкость) бетона, соответственно; k_D – коэффициент, характеризующий интенсивность протекания деструктивных процессов, который определяется структурными характеристиками материала.

Зависимость (1) получена из основного уравнения кинематики, описывающее движение тела брошенного под углом к горизонту. Величины, входящие в (1) являются основными факторами, определяющими морозостойкость и коррозионную стойкость бетона, которые установлены на основании анализа литературных источников и собственных экспериментальных данных.

УДК 621.926
БОЛЕЕ 180 ЛЕТ ШАРОВОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Л.А. СИВАЧЕНКО, Е.А. ШАРОЙКИНА, В.Н. КЛОЧКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Шаровые барабанные мельницы – машины для измельчения преимущественно истирающего действия, ударные воздействия на измельчаемый материал оказываются в результате падения мелющих тел при вращении корпуса. Способ измельчения сыпучих материалов методом истирания и удара позволяет получать готовый продукт высокой дисперсности. Возможность производства тонкомолотых материалов различного происхождения в промышленных объемах позволила вывести на качественно новый уровень развития химическую и фармацевтическую промышленность, производство строительных материалов, цемента и т.д.

Благодаря простоте конструкции, высокой надежности и возможности легко регулировать степень измельчения, шаровые барабанные мельницы активно использовались сто лет назад в производстве различных материалов. И хотя патенту на изобретение шаровой барабанной мельницы классической конструкции уже более 180 лет, инженерно-технические решения, реализованные в ней, остаются актуальными и в наше время – большая часть сыпучих материалов перемалывается именно на шаровых барабанных мельницах.

Свое название шаровые барабанные мельницы получили от формы корпуса и конфигурации мелющих тел. Корпус барабанной мельницы представляет собой цилиндр с горизонтальной осью вращения. Внутри корпуса находятся мелющие тела округлой, сферической либо цилиндрической формы и измельчаемый материал. При вращении корпуса мелющие тела, перекатываясь, истирают обрабатываемый материал, ударное воздействие оказывается падающими шарами либо мелющими телами другой формы (например, стержни, ролики и т.д.).

В Энциклопедии промышленных знаний «Промышленность и техника» за 1896 год представлена шаровая мельница, используемая в стекольном производстве для измельчения кварцевого песка.

В зависимости от конструкции шаровой барабанной мельницы, скорости вращения барабана, загрузки корпуса мелющими телами, свойств обрабатываемого материала ударное либо истирающее воздействие на обрабатываемый материал становится преобладающим. Так при загрузке корпуса барабанной мельницы мелющими телами на 60 % объема барабана истирающее воздействие на обрабатываемый материал усиливается.

УДК 624.012
НЕСУЩИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ И
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО
ДЕФОРМИРОВАНИЯ

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

В настоящее время в строительстве широко применяются монолитные неразрезные железобетонные плитно-ребристые строения.

В ребристо-балочных конструкциях кручение возникает главным образом в силу монолитного характера железобетонных конструкций. Так, например, балки перекрытия, монолитно сопряженные с бортовыми балками, вызывают в последних кручение, которое может явиться основным силовым воздействием на бортовую балку в случае заделки ее в стену. Внецентренная нагрузка от стен также вызывает кручение в бортовых балках при условии их закрепления по концам, препятствующего закручиванию балок. Второстепенные балки, при непосредственном монолитном сопряжении их с главной балкой, вызывают ее кручение, усиливаемое нагрузкой от монолитной плиты перекрытия. Любое несимметричное нагружение плиты ребристого перекрытия вызывает кручение в балках. Кручение неизбежно возникает в пространственных рамных конструкциях и прогонах, монолитно связанных с второстепенными опорными конструкциями, а также в бортовых балках пространственных фундаментов.

Накопленный экспериментальный и теоретический материал по исследованию работы железобетонных конструкций, явился основой и позволил разработать методику расчета пространственных сечений железобетонных элементов, подверженных действию крутящего и изгибающего моментов.

При действии на железобетонную балку крутящего и изгибающего моментов разрушение происходит по пространственному сечению, образованному спиральной трещиной и замыкающей ее сжатой зоной, расположенной под углом α к горизонтальной оси элемента. Условие прочности в расчетном предельном состоянии выводится из соотношения моментов внешних и внутренних сил относительно оси, проходящей через центр тяжести сжатой зоны. Проведенные исследования и сформированные на их основе предложения по расчету конструкций в условиях сложного деформирования, в состоянии практического использования, позволяют на базе единого методологического подхода комплексно решать проблему безотказной работы конструкций зданий и сооружений. Методика расчета железобетонных балок при изгибе с кручением разработана в соответствии СНБ 5.03.01-02 и подтверждена экспериментально.

УДК 624.072.21.7
РАСЧЕТ УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ ПОД БАЛОЧНОЙ ПЛИТОЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕПЕННОЙ ФУНКЦИИ И СЕКУЩЕГО
МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ В ЗАКОНЕ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОГО
ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ

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

В предлагаемом расчете неоднородное упругое основание моделируется совокупностью упругих слоев (УС) конечной ширины с переменным модулем деформации. Закон нелинейно-упругого деформирования основания описывается зависимостью в виде степенной функции в сравнении с функцией гиперболического тангенса. Модуль деформации упругого основания – секущий. Коэффициент Пуассона каждого слоя принимается постоянным.

Авторами используется вариационно-разностный подход (ВРП) к решению контактных задач нелинейной теории упругости (плоская деформация), который имеет важность практического применения в расчетах балочных плит на упругом основании. ВРП был предложен и получил дальнейшую апробацию в работах Босакова С.В., Козуновой О.В.

Рассматривается балочная плита шириной $2l$ на упругом физически нелинейном слоистом основании под действием произвольной нагрузки. На контакте плиты с упругим основанием возникают только нормальные реактивные давления, силами трения пренебрегаем. Для плиты справедливы гипотезы теории изгиба.

При расчете слоистая упругая среда заменяется прямоугольной расчетной областью. Основание аппроксимируется симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом по осям: Δx , Δy . В результате получено 203 i -тых узловых и 168 j -тых сеточных ячеек.

За неизвестные принимаются: $u_i(x)$, $v_i(y)$ – компоненты вектора перемещения i -той узловой точки основания; $p_y^{(i)}(x, y)$ – реактивные давления в зоне контакта балочной плиты с основанием. Граничные условия задачи: на границах принятой расчетной области перемещения $u = 0$, $v = 0$; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

Требуется определить перемещения, напряжения в упругом основании и его осадки, распределение реактивных давлений в контактной зоне балочной плиты с основанием, внутренние усилия в сечениях плиты.

В силу нелинейности решаемой задачи используется метод упругих решений в области малых упругопластических деформаций, который предполагает итерационный процесс. При каждой итерации модуль деформации центра j -той сеточной ячейки изменяется, и при вычислениях используется переменный модуль деформации (касательный и *секущий*) в сравнении.

Согласно вариационному принципу Лагранжа, при нагружении плиты на упругом основании статической нагрузкой, ее полная потенциальная энергия в состоянии равновесия принимает минимальное значение. Величина функционала полной потенциальной энергии плиты на упругом основании состоит из трех слагаемых: функционала энергии деформаций упругого основания, функционала энергии деформаций плиты и потенциала работы внешней нагрузки, и определяется формулой $\mathcal{E} = U_f + \Omega_b + \Pi$.

Решение контактной задачи; строится в перемещениях и реализуется 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) порядком $2N$.

Для реализации указанного подхода составлена программа на языке *Mathematica 6.0*, проведена ее числовая апробация для двухслойных оснований, ослабленных местными полостями. В численный счет использовались следующие параметры упругих сред: 1-й слой (песок средней плотности) – $\sigma_{y1} = 0,2 \text{ МПа}$; $\nu = 0,3$; $E_{01} = 25 \text{ МПа}$; 2-ой слой (суглинок) – $\sigma_{y2} = 0,25 \text{ МПа}$; $\nu_2 = 0,33$; $E_{02} = 30 \text{ МПа}$; железобетонная плита (бетон марки С25/30) – $E_b = 2,35 \cdot 10^{10} \text{ Па}$.

Из полученных результатов следует, что: итерационный процесс сходится быстрее при расчете осадок с использованием секущего модуля деформации, а при расчете реактивных давлений и внутренних напряжений – с использованием касательного модуля деформации. В связи с этим, при расчете НДС (напряженно-деформированного состояния) контактной зоны системы «плита–основание» следует различать применение секущего и касательного модулей деформации.

УДК 624.012

ОГНЕСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ С ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ

С.Д. СЕМЕНЮК, В.Н. МЕДВЕДЕВ

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

При проектировании сталежелезобетонных конструкций с внешним листовым армированием, обеспечение огнестойкости является одной из наиболее ответственных задач. Предел огнестойкости таких перекрытий зависит от толщины плиты, наличия в ней дополнительной стержневой арматуры, от степени сцепления настила с бетоном и других факторов.

Экспериментальные исследования огнестойкости конструкций с внешним листовым армированием показали, что без огнезащиты такие плиты независимо от типа анкерных связей настила с бетоном, имеют предел огнестойкости 30 мин, что соответствует II категории огнестойкости, такие конструкции могут применяться в зданиях, оснащенных автоматическими установками пожаротушения. Огнезащитные обмазки слоем толщиной 3,5 мм повышают предел огнестойкости перекрытий до 1 часа, что соответствует I категории огнестойкости зданий.

В неразрезных элементах с соответствующим дополнительным армированием над промежуточными опорами может быть достигнута степень огнестойкости в 1 час без применения огнезащитных обмазок.

Стандартные испытания показали, что, при расположении источника нагрева под плитой, температура профилированного настила быстро повышается, возрастает средняя температура в арматурных стержнях и бетоне. Через 60 минут стальной настил нагревается до температуры 800 °С, при которой предел текучести стали составляет менее 10 % его значения при комнатной температуре. При более высокой температуре, настил полностью теряет несущую способность, но продолжает выполнять две важные функции: не допускает раскола тела бетона и служит для него теплопоглощающим экраном. В расчете учитываются коэффициенты температурного расширения материалов плиты, их влажность и изменения деформаций по высоте сечения при неравномерном нагревании.

Диаграммы изменения моментов в сечении показывают, что при повышении температуры, их предельные значения на стадии пластичности изгибающей жесткости плит снижаются нелинейно. При изгибающем моменте, равном нулю, неравномерное распределение температуры по высоте сечения приводит к развитию сжимающих напряжений в крайних фибрах и растягивавших в средней части сечения. При положительном моменте, напряжения в сечении определяются с учетом температурных напряжений, рассчитанных при изгибающем моменте равном нулю.

бетона усиливаемой конструкции и для пролетной арматуры – диаграммы деформирования на ветвях разгрузки.

При расчете прочности нормальных сечений к продольной оси элемента в расчет вводится «приведенный» бетон с прочностными и деформативными характеристиками, зависящими от предельной сжимаемости исходных бетонов, напряженно-деформированного состояния сборных элементов до приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности, геометрии и компоновки сечения.

Прочность нормальных сечений находится в зависимости от степени использования сопротивления сжатого бетона и растянутой арматуры. При работе плит пустотного настила, усиленных созданием неразрезности, армированных сталью, имеющей физический предел текучести, считаем, что сопротивление арматуры и бетона используется полностью.

Традиционное усилие плит пустотного настила использует решения по постановке дополнительной арматуры в пролетные пустоты плит, при этом расчетная схема усиливаемых конструкций будет такая же, как и при расчете базовой конструкции. При усилении плит методом создания неразрезности, расчетная схема меняется с свободно опертой однопролетной конструкции, на многопролетную неразрезную конструкцию.

Важным значением при обеспечении надежного усиления покрытий является качество поверхности контакта сборного и монолитного бетона усиленных многопустотных плит.

Контакт сборного элемента и монолитного бетона рассматривается как дисперсная система, состоящая из нормальных и сдвиговых связей, при этом считается, что нормальные связи абсолютно жесткие, а сдвиговые обладают упругопластической податливостью. В качестве критерия истощения несущей способности поликомпонентных контактов принимается нарушение сплошности контакта; за критерий истощения несущей способности шпоночных контактов принят срез бетона шпонок в плоскости контакта.

Расчет прочности контакта связан с расчетом прочности по наклонному сечению элемента. Если в однопролетной свободно опертой балке усилие сдвига равно усилию воспринимаемому бетоном сжатой зоны сечения, то в многопролетной неразрезной балке это усилие будет складываться из усилия воспринимаемого бетоном сжатой зоны в пролете и усилия воспринимаемого растянутой арматурой на опоре.

После выполнения статического расчета плит, усиленных созданием неразрезности, выполняется конструктивный расчет по деформационной или упругопластической модели, а затем, по приведенной выше методике, рассчитывается прочность контакта сборного и монолитного бетона.

УДК 556.382:681.3(476)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Г.А. КОЛПАШНИКОВ, АЛЬ – ХАСНАВИ РАЕД МАХМУД АБДУЛА-
ХУССЕЙН, АЛЬ-ТАМИМИ САИФ САМИ ХУСЕЙН

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Плейстоценовые (четвертичные) отложения повсеместно развиты на территории Беларуси и являются основанием практически всех инженерных сооружений. При этом наблюдается закономерное изменение состава и строения грунтов при переходе от северных районов к южным, что определяет изменение их водно-физических свойств. Выделяются три характерные зоны по содержанию обломочных фракций – северную и среднюю с валунносодержащими фракциями и южную, сложенную преимущественно песчано-глинистыми отложениями. Граница между этими зонами приближено проходит на севере вдоль границы краевых образований позерского оледенения, на юге вдоль краевых образований сожского оледенения.

Для каждой из этих зон имеют место экологические риски в результате проявления опасных геологических процессов. Это должно учитываться при проектировании зданий и сооружений.

Типичными представителями глинистых водно-ледниковых отложений являются, известные в инженерно-геологической практике, ленточные глины широко развитые на севере Республики Беларусь.

Ленточные глины в естественном состоянии без значительных деформаций могут выдерживать нагрузки до 0,3 – 0,4 МПа, даже, если их естественная влажность превышает верхний предел пластичности. Однако осадка толщи водонасыщенных ленточных глин под сооружением усиливается при переслаивании глинистых и песчаных прослоев. Последние играют роль естественных дренажей, отводящих выжимаемую из глинистых прослоев воду.

Ледниковые отложения – моренные супеси и суглинки наиболее детально были изучены в средней зоне. Несмотря на то, что моренные отложения в целом характеризуются значительной плотностью и слабой сжимаемостью, они в периоды переувлажнения превращаются в текучепластичные.

Лёссовидные супеси и суглинки получили развитие на Минской, Новогрудской возвышенностях, в пределах Копыльской, Ошмянской гряд, Оршанско-Могилевского плато.

Особенности инженерно-геологического изучения лёссовидных грунтовых толщ связаны со сложными условиями их залегания.

Лабораторными исследованиями показано, что супеси и суглинки теряют прочность и устойчивость в результате их способности к набуханию и размоканию. Особенно важно учитывать это обстоятельство в откосах и котлованах, которые напрямую подвергаются воздействию атмосферных осадков.

Значительные материальные потери связаны с деформационными процессами в набухающих грунтах, широко развитых в центральной зоне. Особенно отчетливо они проявились в Солигорском горнопромышленном районе, где имели место деформации зданий и сооружений, выход из строя подземных коммуникаций и др. Были проведены экспериментальные исследования по изучению деформационных свойств грунтов, залегающих в основании зданий и сооружений. При свободном набухании относительное линейное приращение высоты для отдельных образцов составило порядка 0,145 – 0,190 и более, что позволило отнести их к набухающим грунтам. Деформация грунтов увеличивается при их промерзании, т.к., при подъеме уровня грунтовых вод, в зоне промерзания оказываются грунты с набухающими свойствами.

Проведенные исследования определили необходимость учета изменений инженерно-геологических свойств оснований под влиянием процессов подтопления на осваиваемых территориях.

Южная зона приурочена к Белорусскому Полесью, где широким распространением пользуются отложения речных террас. На геологических разрезах в составе аллювиальных отложений, покрывающих супесчано-суглинистую толщу повсеместно преобладают слоистые мелкие пески с высоким содержанием тонкодисперсной фракции и выдержанным литологическим составом по простиранию. При проектировании сооружений должно учитываться наличие на малых глубинах (порядка нескольких метров) супесей и суглинков, обладающих высокой степенью просадочности, что подтверждено бурением разведочных скважин.

Выявленные зоны с опасными экологическими рисками ориентируют изыскателей и проектировщиков на получение достоверных данных и на их основе обеспечивают реализацию безопасного строительства инженерных объектов.

УДК 621.012.45

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ СОЗДАНИЯ НЕРАЗРЕЗНОСТИ

С.Д. СЕМЕНЮК, И.В. МАРЧЕНКОВА

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

Реконструкция зданий и сооружений сопровождается исполнением усиления железобетонных плит покрытий и перекрытий. Усиление плит перекрытий происходит под нагрузками, минимальной из которых является собственных вес конструкций. Это вносит особенность в расчет усиленных конструкций и прогнозирование их дальнейшей эксплуатации.

Усиление многопролетных шарнирно-опертых конструкций производится установкой дополнительных связей над опорами в виде надопорной арматуры с целью обеспечения неразрезности усиливаемой конструкции. Дополнительная надопорная арматура устанавливается при наращивании в верхней зоне конструкции, при бетонировании расширенных швов между плитами или вскрытых пустот смежных многопустотных панелей. После установки на промежуточных опорах дополнительной арматуры выполняется замоноличивание швов между торцами плит перекрытий и устройство наращивания.

Метод усиления путем создания неразрезности, как правило, не способствует увеличению несущей способности самой усиливаемой конструкции, а лишь изменению усилий от внешней нагрузки, которые перераспределяются между усиливаемым и усиливающим элементами пропорционально жесткостным характеристикам. Толщина шва между торцами усиливаемых плит перекрытий является различной и может колебаться от 20 до 200 мм. Бетон, которым выполняют наращивание и замоноличивание швов на неразрезных опорах, может отличаться от бетона усиливаемых конструкций прочностными и деформативными характеристиками. При проектировании усиления конструкций обеспечением их неразрезности дополнительная арматура должна заводиться за точку нулевых моментов объемлющей эпюры на зону не менее минимальной длины анкеровки.

Более целесообразно усиление конструкций путем создания неразрезности, когда средний пролет превосходит крайние, для трехпролетных конструкций. Элементарные слои основного сечения конструкции после усиления будут разгружаться и отрицательный момент будет воспринимать дополнительная надопорная арматура. Поэтому при определении жесткостных характеристик сечений для бетона омоноличивания и надопорной арматуры используются обычные диаграммы деформирования, а для

не является препятствием для использования гранулированных шлаков в качестве заполнителя, так как использование шлака в качестве укрупняющей добавки к природному песку может привести к экономии цемента и улучшению свойств бетона.

Данный гранулированный ваграночный шлак будут также характеризовать следующие показатели: объемный насыпной вес, равный 1490 кг/м^3 ; объемный вес зерен – $2,7 \text{ г/см}^3$; удельный вес – $2,86 \text{ г/см}^3$; пористость зерен – $5,0 \%$; межзерновая пустотность – $45,0 \%$.

На исследуемом заполнителе и цементе подготавливаются и испытываются три серии образцов – балочек. Каждая серия состоит из 27 балочек. В первой серии применяют кварцевый песок, во второй – ваграночный шлак, в третьей – 50% кварцевого песка и 50% ваграночного песка. Условия выдерживания образцов предусматриваются такие, чтобы выявить возможный силикатный и железистый распад шлака: часть образцов пропаривается, другая часть длительно выдерживается в воде.

По данным испытаний получены следующие результаты:

- прочность бетона в воздушно-влажностной среде составила: в возрасте 28 суток для 1-ой серии – $72/508 \text{ кг/см}^2$, для 2-ой – $55/398$, для 3-ей – $64/432$ (в числителе показатели прочности при изгибе, в знаменателе прочность при сжатии); в возрасте 6 месяцев, соответственно, $83/632$, $46/505$ и $64/571$; в возрасте 12 месяцев – $83/649$, $39/532$, $58/617$.

- прочность бетона в воде составила: 28 суток – $86/560$, $57/401$, $76/476$; 6 месяцев – $93/756$, $76/516$, $90/632$ и 12 месяцев – $99/732$, $98/591$, $90/694$.

- прочность бетона при пропаривании: $58/360$, $62/383$, $64/412$; 28 суток – $70/441$, $62/442$, $73/465$; 6 месяцев – $72/571$, $53/562$, $71/588$.

- модуль упругости бетона в воздушно-влажностной среде: 28 суток – $395/403$, $359/369$, $366/380$; 6 месяцев – $354/365$, $215/227$, $270/287$; 12 месяцев – $337/364$, $181/186$, $251/275$;

- модуль упругости бетона в воде: 28 суток – $423/430$, $384/389$, $399/428$; 6 месяцев – $440/451$, $395/413$, $429/450$; 12 месяцев – $457/461$, $438/446$, $462/467$.

- модуль упругости при пропаривании: $351/345$, $335/358$, $294/307$; 28 суток – $386/389$, $385/381$, $396/383$; 6 месяцев – $367/355$, $303/327$, $354/354$.

Результаты свидетельствуют о благоприятном влиянии термообработки. Так же в результате опытов установлено, что температура размягчения гранулированного ваграночного шлака Могилевского металлургического завода составляет $780\text{--}790^\circ\text{C}$.

Таким образом, гранулированный ваграночный шлак можно использовать в качестве заполнителя в жаростойких бетонах для эксплуатации при температурах до 700°C . Тот же шлак в размолотом виде может служить микрозаполнителем в растворной части жаростойких бетонов.

УДК 672.133

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ РАСТВОРОВ ДОБАВОК

А.М. КОРСУН, С.П. ПЕТРУНЯК, Е.В. КИРЕЕВА

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В СТБ 1112 – 98 «Добавки для бетонов. Общие технические условия» предусмотрен показатель – температура замерзания раствора добавки. Методика определения данного показателя в СТБ отсутствует. Важность данного показателя занижать нельзя, поскольку хранение добавок, как правило, происходит в не отапливаемых помещениях. В связи с этим в НИИЛ БиСМ была предложена методика определения температуры замерзания растворов добавок, которая была опробована при испытаниях добавок ООО «БелСКТ – Стандарт».

Установка, используемая для криоскопических измерений (определение температуры замерзания), включает в себя мешалку, внутреннюю и наружную пробирки, ртутный термометр. Во внутренней пробирке находится исследуемый раствор. Во внешней – смесь льда с солью (NaCl). В опыте для фиксации изменения температуры испытываемого раствора, использовался ртутный термометр, присоединенный к внутренней пробирке. Для достижения максимальной точности измерений необходимо, чтобы охлаждение исследуемой жидкости смесью льда и соли происходило как можно медленнее. Для этого была предусмотрена воздушная прослойка между внешней и внутренней пробирками. При проведении опыта исследуемую жидкость постоянно перемешивали для ее равномерного охлаждения.

Методика проведения испытаний состояла в следующем: в тщательно промытую дистиллированной водой и высушенную внутреннюю пробирку было налито 50 мл. раствора добавки. Во внешнюю пробирку засыпается смесь льда и соли. Внутреннюю пробирку помещали во внешнюю и аналогичным, описанному выше, образом проводили охлаждение раствора, фиксируя температуру начала его кристаллизации.

За температуру начала кристаллизации раствора добавки принимали наибольшее значение температуры, достигнутое после переохлаждения.

Опыт повторяли трижды и за температуру начала кристаллизации раствора принимали среднее значение.

С. В. КРАСКОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Объемные георешетки представляют собой ячеистые конструкции, предназначенные для повышения прочности заполнителя (грунтов, песчано-гравийных смесей и т. д.). При заполнении ячеек объемных георешеток (далее – георешеток) грунтом образуется композитный слой «грунт – георешетка», обладающий повышенными прочностными и деформационными характеристиками.

Известно, что важнейшими прочностными характеристиками грунта, определяющими его сдвигоустойчивость, являются сцепление (МПа) и угол внутреннего трения (град.).

Согласно теории прочности Мора – Кулона, описывающей предельное состояние грунта, если рассматривать его предельное сопротивление сдвигу в большом диапазоне изменения уплотняющих давлений и различных напряженных состояниях, огибающая кругов предельных напряжений Мора в общем случае будет криволинейной. Но при небольших значениях давлений (до 0,5–0,7 МПа) часть огибающей кривой можно аппроксимировать прямой.

Для спрямленной огибающей кривой сцепление формально равно предельному напряжению сдвига при отсутствии сжимающего напряжения. Использование георешетки позволяет существенно увеличить сцепление грунта (при незначительно меняющемся угле внутреннего трения), а следовательно, и предельное сопротивление сдвигу композита. При этом оно определяется силами сдвига, воспринимаемыми грунтом и георешеткой в предельном состоянии.

Выполненные расчеты показали, что в зависимости от марки и геометрических параметров георешетки, типа упрочняемого грунта сцепление композита «грунт – георешетка» может достигать величины в несколько десятых долей МПа.

Важнейшей деформационной характеристикой грунта, выражающей его способность сопротивляться деформированию под воздействием нагрузок, является модуль упругости. В расчетах, проведенных с целью учета влияния георешеток на модуль упругости композита «грунт – георешетка», исходили из теории армированных материалов и допускали, что грунт

С.Д. СЕМЕНЮК, Т.С. БУРКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Как было неоднократно отмечено, интенсификация строительства в Республике Беларусь требует повышения производительности труда, сокращения материалоемкости и энергоемкости при производстве бетонных и железобетонных конструкций, дальнейшего усовершенствования основ бетонирования с целью создания новых энерго- и ресурсосберегающих композиций бетона. В этом случае особое внимание заслуживает использование отходов различных отраслей промышленности в качестве строительных материалов или сырья для их производства. Это приводит к экономии средств в строительстве, избавляет промышленные предприятия от немалых затрат на их вывозку в отвалы, что снижает себестоимость основной продукции. Также использование промышленных отходов очень сильно влияет на охрану природы, так как уменьшает загрязнение окружающей среды этими отходами. Таким образом, узкая экономическая проблема регенерирует в более важную проблему охраны природы.

Промышленными «отходами», хотя, в данном случае, лучше использовать термин «побочный продукт», литейно-металлургических производств – является шлак. Вследствие того, что уже на некоторых металлургических предприятиях идет перерабатывание шлака в строительные материалы, что является альтернативным решением как и для металлургов, так и для строителей.

Чтобы оценить пригодность шлака, как мелкого заполнителя, необходимо сравнить характеристики шлака с уже используемым кварцевым песком. Одной из таких характеристик является зерновой состав и модуль крупности $M_{кр}$. В соответствии с ГОСТ 8735-65 отобрано и испытано 5 проб гранулированного ваграночного шлака Могилевского металлургического завода. Содержание зерен крупнее 5 мм составило 15 % по весу. Песчаная фракция шлака имеет модуль крупности – 3,81.

Результаты испытаний пяти проб мало отличаются между собой, что характеризует их как весьма стабильный зерновой состав гранулированного шлака. Во всех случаях в соответствии с классификацией ГОСТ 8736-67 песчаная фракция гранулированного шлака относится к категории крупного песка.

Согласно требованиям ГОСТ 10268-62 песок для обычного тяжелого бетона должен иметь модуль крупности в пределах 2,10–3,25. Однако это

Как известно, темпы роста современной промышленности изменяются стремительными темпами, вовлекая в оборот всё большее количество природных ресурсов. В результате возникают вопросы, связанные с необходимостью рационального использования природных ресурсов и повышения экологической безопасности, уровень которой снижается из-за огромного количества отходов промышленности.

Одним из решений этих вопросов может послужить использование промышленных отходов в качестве вторичных ресурсов. В качестве промышленного ресурса и объекта исследования послужили гранулированные ваграночные шлаки ОАО «Могилёвский металлургический завод». Ваграночные шлаки – это сыпучий материал со стекловидными чёрными и буровато-зелеными гранулами размером до 5 мм, образующийся при плавке чугуна в вагранке. Химический анализ показал, что ваграночный шлак содержит следующие химические соединения, количество которых выражено в процентном соотношении: $\text{SiO}_2 = 41,2 \%$; $\text{CaO} = 24,6 \%$; $\text{MgO} = 14,8 \%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,2 \%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,9 \%$; $\text{MnO} = 2,1 \%$; $\text{TiO}_2 = 0,5 \%$; $\text{SO}_3 = 0,5 \%$. Модуль основности равен 0,77, что относит эти шлаки к категории кислых. Насыпная плотность 1398 кг/м^3 , истинная плотность 2700 кг/м^3 , межзерновая пустотность 48,2 %.

Песчаная фракция ваграночного шлака относится к категории крупного песка, так как. $M = 3,98$, но это не запрещает его использование в качестве мелкого заполнителя для асфальтобетонов. Многие природные пески являются слишком мелкими, поэтому использование ваграночного шлака в качестве укрупняющей добавки может привести к экономии песка и улучшению свойств асфальтобетона.

Были проведены исследования ваграночных шлаков в качестве заполнителя для складываемых эмульсионно-минеральных смесей, используемых для ремонта дорожных покрытий.

Была изготовлена и испытана серия образцов из песка, шлака и смеси песка и шлака. В результате исследований было установлено, что эмульсионно-минеральные смеси для ремонта покрытий автомобильных дорог, приготовленные из песка и ваграночного шлака, не уступают смеси, приготовленной на заполнителе из песка. Это обуславливает экономию средств и решает одну из проблем экологической безопасности и рациональности использования отходов промышленности.

и материал георешетки являются линейно-упругими материалами.

Установлено, что решающее значение на модуль упругости композита оказывают: длина граней ячеек и модуль упругости материала георешетки, причем уменьшение длины граней ячеек пропорционально увеличению модуля упругости композита; изменить модуль упругости при прочих равных условиях можно путем варьирования величины угла между гранями ячеек.

Результаты оценки влияния георешеток белорусского производства «Белгеосот» из полиэтиленовых полос и «Комета» из полос полиэфирного иглопробивного полотна на модуль упругости композита приведены в табл. 1. При этом модуль упругости материала георешеток был определен в лабораторных условиях и составил, соответственно, 1193 МПа и 75 МПа.

Табл. 1. Изменение модулей упругости композита E по отношению к модулю упругости грунта E_r , $100(E - E_r) / E_r$, %

Марка георешетки	Типы грунта			Песчано-гравийные смеси
	пески	супеси	суглинки и глины	
Длина граней ячеек георешеток – 10 см				
«Комета»	от «←» 1,9 до «+» 3,3	от «←» 1,3 до «+» 8,8	от «←» 1,3 до «+» 9,9	«←» 2,2÷3,1
«Белгеосот»	«+» 24,5÷80,2	«+» 30,1÷140,2	«+» 30,1÷152,6	«+» 10,8÷20,9
Длина граней ячеек георешеток – 40 см				
«Комета»	от «←» 0,4 до «+» 0,8	от «←» 0,3 до «+» 2,2	от «←» 0,3 до «+» 2,5	«←» 0,5÷0,8
«Белгеосот»	«+» 6,1÷20,1	«+» 7,5÷35,0	«+» 7,5÷38,2	«+» 2,7÷5,2
Примечание. Результаты расчетов приведены для георешеток с ячейками квадратной формы				

Как видно из табл. 1 георешетка «Комета» позволяет незначительно повысить модуль упругости композита «грунт – георешетка», а при определенных условиях – даже несколько уменьшает его. Необходимо отметить, что уменьшение модуля упругости композита будет наблюдаться во всех случаях, когда модуль упругости материала георешетки меньше модуля упругости упрочняемого грунта.

В свою очередь, применение георешетки «Белгеосот» существенно увеличивает модуль упругости композита, в особенности это касается грунтов с недостаточной прочностью (супесей, суглинков и глин).

Таким образом, применение георешеток позволяет создать композитный слой, обладающий повышенными прочностными и деформационными характеристиками по сравнению с исходным (неупрочненным) грунтом. При этом за счет регулирования геометрических параметров георешеток можно получать упрочненный слой грунта с требуемыми свойствами.

Л.В. КРАСУЛИНА, И.Л. ПОТАПОВА, А.Н. ДАРМЕЛЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Смешение различных чистых вяжущих веществ друг с другом и некоторыми добавками позволяет получать композиции, характеризующиеся специальными свойствами или свойствами присущими каждому компоненту.

Известно, что смеси гипсовых вяжущих веществ с портландцементом при твердении характеризуются неустойчивостью. При затворении водой они вначале интенсивно твердеют, но через некоторое время (месяц и более) происходит падение прочности. Это является следствием образования трехсульфатной формы гидросульфалюмината кальция из высокоосновных алюминатов кальция, содержащихся в портландцементе, и сульфата кальция. Избежать разрушительных деформаций, добиться стабильности и роста прочности при длительном твердении возможно путем введения в смесь гидравлических добавок, содержащих кремнезем в активной форме. При твердении вяжущих из смеси гипса, портландцемента и кремнезема нарушаются условия стабильного существования высокоосновных гидроалюминатов и гидросульфалюминатов кальция и создают условия к переходу их в более устойчивые низкоосновные. Это способствует значительному снижению опасных напряжений, которые могли вначале возникнуть в твердеющей системе вследствие образования трехсульфатной формы гидросульфалюмината кальция (этtringита).

Водостойкость и способность к гидравлическому твердению таких смесей обусловлена, в первую, очередь образованием малорастворимых гидросиликатов кальция защищающих двуводный гипс от растворяющего действия воды.

В качестве гидравлических добавок обычно используют трепел, опоки, диатомит, некоторые активные золы, гранулированные доменные шлаки и др. При использовании гранулированных доменных шлаков основная роль портландцемента сводится к щелочной активации вяжущих свойств шлаков.

Обычно изделия из смешанных вяжущих получают литьевым способом. Прочность изделий может быть значительно увеличена при прессовании смеси с одновременным удалением избыточной влаги при невысоких значениях прессующего давления.

Р.П. СЕМЕНЮК, М.А. СЛАВИНСКАЯ, Е.И. ВОЛКОВА

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

Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов является внедрение безотходной технологии. Использование отходов производства и вторичного сырья позволяет решить задачи охраны окружающей среды, освободить ценные земельные угодья, занимаемые под отвалы. Во-первых, отходы в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье, во-вторых, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости. Из отраслей-потребителей промышленных отходов наиболее емкой является промышленность строительных материалов.

Исследовалась возможность применения органических наполнителей из вторичного сырья для изготовления отделочных композиционных материалов. Полученные составы представляют собой экологически чистые многокомпонентные композиции различных материалов. Несмотря на свою многокомпонентность, имеют стабильный состав, гарантирующий определенные технические характеристики, полученные точной дозировкой компонентов. Отличительной чертой изготовленных составов является применение в качестве заполнителя вторичных продуктов и отходов промышленности органического происхождения: растительные волокна, целлюлоза, ткани и др. Каждый из компонентов по-своему влияет на технологические свойства готовых смесей. Например, введение в состав смеси волокон разной длины позволяет повысить трещиностойкость состава и придать отделываемой поверхности повышенную декоративность, полимерная добавка регулирует пластические и адгезионные свойства. Структуру и свойства отделочной смеси и затвердевшего состава можно в значительной степени регулировать в нужном направлении за счет рационального подбора сырья и оптимизации составов в соответствии с заданными требованиями.

Эффективность отделочных материалов проверялась исследованиями составов с различными наполнителями и разными соотношениями между вяжущим веществом и наполнителем. В результате установлен их оптимальный состав и даны рекомендации по приготовлению и нанесению отделочных смесей.

УДК 691.5:666.96
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ИЗ
ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Р.П. СЕМЕНЮК, А.Н. КОЗЛОВ, Е.А. ГАЛЮЖИН

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

Важнейшую роль в решении проблем сокращения топливноэнергетических и материальных затрат при производстве строительных материалов играет разработка новых теплоизоляционных материалов с использованием отходов.

Промышленные отходы активно влияют на экологические факторы, воздействуя на атмосферу и гидросферу. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах, на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов, по сравнению с производством их из природного сырья, а экономия капитальных вложений достигает 35–50 %.

Объектом исследования является теплоизоляционный материал, полученный на основе минерального вяжущего и лёгкого заполнителя из отходов пенополиуретана ЗАО “Завод полимерных труб” г. Могилёв. Пенополиуретан используется в конструкциях стеновых панелей типа “сендвич”. Средняя плотность пенополиуретана 50–60 кг/м³, коэффициент теплопроводности равен 0,03–0,06 Вт/м·К. Этот материал не впитывает влагу, не гниёт и не подвергается плесени.

Полученный композиционный материал представляет собой разновидность лёгкого бетона, наполнителем которого является дроблённый пенополиуретан, а связующим веществом – портландцемент. В процессе исследования была изготовлена серия образцов размером 100х100х100 мм состава: цемент, полимерный заполнитель, вода. Испытание образцов в возрасте 7, 14 и 28 суток проводилось по стандартной методике, в результате чего был установлен оптимальный состав теплоизоляционного материала. Средняя плотность такого материала составляет 150–650 кг/м³, а предел прочности при сжатии – 0,3–2,0 МПа. Пенополиуретанбетон можно использовать в качестве теплоизоляционного материала в стенах, перегородках и покрытиях зданий различного назначения, для возведения самонесущих стен и перегородок в малоэтажном строительстве, для заполнения каркасов при каркасно-монолитном домостроении.

Интенсификация гидратации вяжущего в бетонах, твердеющих под давлением возможна за счет повышения проникающей способности молекул воды (диффузии), находящихся под действием гидростатического давления, и увеличения тем самым поверхностей взаимодействия вяжущих с водой, а также за счет снижения внутренних структурных связей в большей части объема пленок, обволакивающих зерна вяжущего.

Количество воды затворения выбирали из условия получения удобоукладываемой смеси.

Результаты исследований механических показателей пресованных образцов показали, что метод фильтрационного прессования позволяет получить на основе гипсового вяжущего образцы с пределом прочности при сжатии через 7 суток 22,0 МПа, а через 28 суток 25,0 МПа и значением коэффициента размягчения 0,35 МПа.

Введение в гипсовое вяжущее тонкомолотого гранулированного доменного шлака позволило получить образцы несколько большей прочности (26,0 МПа в 7 суточном возрасте и 32,0 МПа в 28 суточном возрасте) и коэффициентом размягчения 0,80 МПа. Резкое увеличение коэффициента размягчения объясняется тем, что по химическому составу доменные шлаки близки к химическому составу портландцементного клинкера. Шлаки содержат повышенное количество кремнезема, частично глинозема и меньше оксида кальция и обладают гидравлической активностью.

Для повышения водостойкости и долговечности материалов на основе минеральных вяжущих веществ целесообразно применять гидрофобизирующие добавки. В строительной практике лучше всего зарекомендовала себя в качестве такого вещества гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-41 (ГКЖ – 94), которая не растворяется в воде, но смешивается с органическими растворителями, не обладает коррозирующим действием и обычно применяется в виде 10–50 % -ной эмульсии. В целях повышения водостойкости материала использовали 10 % -ную эмульсию гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94).

Введение ГКЖ-94 в состав композиции из гипса и шлака повысило водостойкость материала до 0,90, но уменьшило его прочность до 25 МПа. Значительное увеличение прочности и водостойкости получили при замене шлака на шлакопортландцемент. В этом случае значение коэффициента размягчения увеличилось до 0,91, а прочностные показатели возросли до 0,40 МПа в 7 суток и до 52 МПа в 28 суток. Введение в гипсошлакобетонную смесь эмульсии ГКЖ – 94, привело к повышению коэффициента размягчения до 0,95, при снижении прочностных показателей на 10–13 %.

Из представленных результатов видно, что используя метод фильтрационного прессования на основе гипса, шлака или шлакопортландцемента получен материал с высокими показателями прочности и водостойкости.

И.А. ЛЕВИЦКИЙ, С.Е. БАРАНЦЕВА, Н.В. ШУЛЬГОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Повышенные требования к эксплуатационным свойствам керамических строительных материалов делают актуальными задачу создания новых видов глазурных покрытий с комплексом высоких физико-химических свойств и декоративно-эстетических характеристик для декорирования плиток для полов.

Проведено детальное изучение структурно-фазовых превращений, происходящих при формировании высокоизносоустойчивых полуфриттованных покрытий с использованием фритт, содержащих различное количество диоксида циркония, что позволило оптимизировать состав фриттованного компонента сырьевых композиций глазурей.

При синтезе фритт и полуфриттованных покрытий использовались традиционные материалы: борная кислота, доломит, каолин, сода кальцинированная, мел, пегматит, глинозем, песок кварцевый, цинковые белила, волластонит, глина огнеупорная, а также цирконийсодержащий компонент – циркобит состава, мас. %: SiO_2 32,37; Al_2O_3 1,54; ZrO_2 65,44 с удельной поверхностью 1,3–1,4 м²/г, что интенсифицирует процесс глазури и обеспечивает необходимое светорассеяние.

С целью снижения топливно-энергетических затрат на производство фриттованной составляющей проведено поэтапное выведение тугоплавкого компонента (ZrO_2) из их состава, при этом его общее количество в полуфриттованных покрытиях сохранялось постоянным.

Синтез и формирование покрытий осуществлялись в условиях ОАО «Керамин» с использованием в качестве керамической основы производственной плитки для полов, которая покрывалась ангобом методом полива, затем наносился слой глазури толщиной 0,3 мм. После высушивания при температуре (100±10) °С до остаточной влажности не более 0,5 %, плитки подвергались скоростному высокотемпературному обжигу в газопламенной печи поточно-конвейерной линии RKS-1650 при температуре (1160±10) °С в течение (43±1) мин.

Фазовый состав фритт и сырьевых композиций приведен в табл. 1. Анализ данных рентгенофазового исследования позволил сделать вывод о преимущественной роли состава сырьевых композиций, а не фриттованной составляющей в общем процессе формирования стеклокристаллической структуры синтезируемых покрытий, что позволит перейти к использованию бесциркониевых фритт для полуфриттованных покрытий.

Р.П. СЕМЕНЮК, Д.И. ЖИЛИНСКИЙ, А.Н. ЯКОВЛЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Возрастающие объемы производства полимеров и изделий из них создают серьезную проблему, связанную с образованием и накоплением огромного количества отходов. Возникают проблемы их удаления, содержания отвалов, под которыми пропадают значительные площади земельных угодий. Часть из отходов уже нашли применение при производстве строительных материалов

В настоящее время ведется освоение технологии вторичной переработки таких отходов, превращая их в строительные материалы и изделия. Применение промышленных отходов позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, создавать новые строительные материалы с высокими технико-экономическими показателями и, кроме того, уменьшить загрязнение окружающей среды.

Исследовалась возможность утилизации полимерных отходов в самонивелирующихся смесях для напольных покрытий. Дробленный полимерный наполнитель фракцией 1,5–5 мм с насыпной плотностью 340–350 кг/м³ вводился в смесь в разных пропорциях. Смесь испытывалась на подвижность, а отформованные образцы балочек размером 40х40х160 мм и кубики 100х100х100 мм испытывались на изгиб, сжатие и истираемость.

По результатам испытаний установлено, что с повышением содержания полимера в составе раствора происходит незначительное снижение прочности на сжатие, а предел прочности при изгибе и сопротивление истиранию – увеличиваются, снижается риск образования трещин.

Кроме того, полимерный наполнитель, входящий в состав, улучшает тепло- и звукоизоляционные свойства стяжки.

Подобран оптимальный состав самонивелирующейся смеси с полимерным наполнителем. По результатам последних испытаний полученные образцы превосходят по всем показателям гарантируемую заводом изготовителем прочность на сжатие и изгиб.

Состав может быть использован для выполнения стяжек под линолеум, ламинат, паркет и др.

В настоящее время проводятся исследования по подбору состава бетонов и растворов с полимерными наполнителями.

си анализировался по разработанной методике, которая включает в себя три стадии – инструментальные методы (традиционные газоанализаторы и Система мониторинга выбросов Opsis), стадию пробоотбора и химико-аналитические методы (спектрофотометрические и потенциометрические).

Было проанализировано более 220 различных материалов, классифицированных по имеющейся информации о химическом составе веществ, являющихся у них базовыми. Для исследования были отобраны и объединены в группы материалы, основой которых являлись целлюлоза, поликарбонат, полиэтилен, полистирол, полипропилен, поливинилацетат, полиуретан, полиамид, полиамидные и эпоксидные смолы.

На основании экспериментальных результатов, полученных при исследовании токсичности биологическим методом и состава газовой фазы, были проанализированы модели, предлагаемые ранее для оценки показателя токсичности продуктов горения по составу газовой смеси, описанные в ISO 13344:1996, и на их основе разработана собственная модель, учитывающая достоинства и недостатки описанных моделей. В разработанной новой модели, при определении показателя токсичности продуктов горения по составу газовой смеси, предлагается определять в образующейся газовой фазе содержание CO, HCN, NO_x, SO₂, HCl, HBr, HF, формальдегида и акролеина, а также учитывать концентрацию O₂, и тот факт, что токсичность CO изменяется по мере возрастания содержания в газовой смеси CO₂. Впервые было показано, что определение показателя токсичности по составу газовой смеси с использованием расчетных моделей гарантирует более жесткий контроль токсичности продуктов горения, чем биологический метод, а не наоборот, как считалось ранее.

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, внесены в базу данных «Токсичность продуктов горения», которая, на данный момент содержит 4026 записей и занимает объем 2,84 Мб.

Для практического использования данного метода, в настоящее время, разрабатываются и апробируются методики определения токсичности продуктов горения по составу газовой смеси, которые учитывают особенности каждой группы материалов. Методики будут использованы для разработки современного расчетно-экспериментального метода и создания на его основе отечественного нормативного документа. Практическое использование метода позволит минимизировать расходование подопытных животных и существенно сократить сроки исследований. Наличие в республике метода, позволяющего оценивать токсичность продуктов горения производимых материалов за сроки, существенно меньшие, чем в настоящее время, позволит отечественным производителям оперативно использовать эту информацию при разработке и изготовлении продукции, удовлетворяющей международным требованиям по пожарной безопасности.

Табл. 1. Качественный фазовый состав фритт и покрытий

Кристаллическая фаза	Индекс фритт						Индекс покрытий					
	OP	05P	P	0П	05П	П	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Циркон (ZrSiO ₄)	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+
Диопсид (CaMgSi ₂ O ₆)	–	–	–	+	+	+	–	–	Следы	+	+	+
Корунд (α-Al ₂ O ₃)	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+
Анортит (CaAl ₂ Si ₂ O ₈)	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–	–	+
Кварц (α-SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+
Ca ₂ ZrSi ₄ O ₁₂	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–
Бадделеит (ZrO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	–

Вышеприведенное заключение подтверждается физико-химическими и декоративно-эстетическими характеристиками синтезированных покрытий K1 – K6, приведенными в табл. 2.

Табл. 2. Физико-химические и декоративно-эстетические характеристики покрытий

Характеристики	Индекс покрытия и показатели свойств					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Температура обжига, °C	1150±10	1150±10	1150±10	1150±10	1150±10	1150±10
Микротвердость, МПа	9 560	9 400	9 100	7 590	7 320	7 250
Твердость по шкале Мооса	7–8	7–8	7–8	6–7	6–7	6–7
Степень износостойкости	4–3	4–3	4–3	3	3	3
ТКЛР, α·10 ⁷ К ⁻¹	68,26	69,59	69,92	69,78	69,95	70,40
Термостойкость, °C	125	125	125	125	125	125
Фактура	Матовая шелковистая					
Блеск, %	14	16	17–18	15	17	20
Белизна, %	83	80	80	68	70	71
Химическая устойчивость	Соответствует требованиям НТД					

Таким образом, подтверждена целесообразность применения в качестве фриттованной составляющей для получения высокоизносостойчивых полуфриттованных покрытий бесциркониевых фритт, поскольку они заглушены, имеют степень износостойкости 3–4, сравнительно невысокую для стеклокристаллических материалов температуру начала размягчения, что будет не только интенсифицировать процесс глазурирования за счет более раннего появления жидкой фазы при обжиге, но и позволит снизить температуру синтеза фритты на 80–100 °C, обеспечивая сокращение суммарных топливно-энергетических затрат на производство плиток для полов.

С.В.МАТУСЕВИЧ

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

Наиболее важное значение для профилактики профессиональных заболеваний и нормализации воздушной среды имеет вентиляция.

Вентиляция – это комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в помещениях. В соответствии с СНБ 4.02.01-03 под вентиляцией понимают обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха.

Основной задачей вентиляции является удаление из рабочей зоны загрязненного, увлажненного или перегретого воздуха и подача взамен его воздуха соответствующего качества, иными словами, организация воздухообмена в помещении.

Рационально спроектированные и правильно эксплуатируемые вентиляционные системы способствуют улучшению самочувствия работающих и повышению производительности труда. По имеющимся данным, кондиционирование воздуха может повысить производительность труда на 4–10 %.

Для эффективной работы системы вентиляции важно, чтобы еще на стадии проектирования были рассчитаны параметры системы и выполнены технические и санитарно-гигиенические требования.

Существуют два основных способа определения количества вентиляционного воздуха по укрупненным измерителям: по нормативной кратности воздухообмена и по нормам расхода воздуха на одного потребителя воздуха или на один характерный источник вредных выделений.

При первом способе используют понятие кратности воздухообмена.

При втором способе определения количества вентиляционного воздуха по укрупненным измерителям задается количество приточного или вытяжного воздуха на одного характерного потребителя воздуха или на один источник вредных выделений.

Расчет необходимого воздуха для каждого конкретного случая очень сложен и требует больших затрат времени и не всегда позволяет точно определить необходимый воздухообмен, подобрать систему вентиляции и режим работы вентиляционных систем.

Эти вопросы могут быть решены при использовании специальных программ, разрабатываемых на кафедре БЖД в университете.

С.Ф. СВИРЩЕВСКИЙ, С.Л. ЛЕЙНОВА, Г.А. СОКОЛИК
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

Использование современных строительных и отделочных материалов возможно только после исследования их физико-химических свойств и оценки безопасности для людей, в том числе, и пожарной. Одним из основных показателей пожарной опасности строительных и отделочных материалов является токсичность продуктов горения. Это связано с тем, что причиной гибели людей на пожарах, в большинстве случаев, является отравление газообразными продуктами, образующимися при термическом разложении веществ и материалов.

Данные о токсичности продуктов горения необходимы при решении вопросов о возможности безопасного использования материалов, а также при разработке технологии их производства, которая должна учитывать область применения готовой продукции.

Существует два подхода к исследованию токсичности продуктов горения. Один из них – биологический, к существенным недостаткам которого относятся массовое расходование животных (для анализа одного материала требуется 100 мышей) и длительные сроки экспериментов (около 3 недель). Второй – расчетно-экспериментальный метод с использованием расчетных моделей для определения токсичности продуктов горения по составу газовой смеси, образующейся при горении материалов, интенсивно развиваемый сейчас в промышленно-развитых странах.

На территории Республики Беларусь, в настоящее время, токсичность продуктов горения устанавливается биологическим методом в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89. Разработка расчетно-экспериментального метода потребовала решения двух важнейших задач:

– накопление экспериментальных данных о составе газовой смеси, образующейся при горении материалов, и о токсичности продуктов горения, определенной биологическим методом;

– создание методик для определения токсичности продуктов горения по составу газовой смеси для отдельных групп материалов, отличающихся исходным составом.

Для решения этих задач была изготовлена установка, конструкция которой позволяет, наряду с определением показателя токсичности продуктов горения биологическим методом в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89, исследовать состав образующейся при горении газовой смеси. Состав сме-

Выполненные фильтрационные расчеты вертикального дренажа показали, что для понижения уровней грунтовых вод от существующих на 2,0–2,5 м для предотвращения подтопления южной части объекта Чижевичи, расстояние между дренажными скважинами в зависимости от диаметров скважин (от 50 до 100 см), длин фильтров (от 5,0 до 30,0 м) и фильтрационных характеристик грунтов, колеблется от 50,0 до 140,0 м, в среднем, порядка 100,0 метров. Однако наличие на многих участках объекта супесей в верхних горизонтах, может значительно снизить осушительный эффект вертикального дренажа в связи с наличием «верховодки».

Одним из эффективных способов борьбы с подтоплением застроенных территорий является лучевой дренаж. Опыт строительства и дальнейшей эксплуатации систем лучевого дренажа позволил выявить его преимущество по сравнению с другими типами дренажа, в том числе, и вертикальным.

Система лучевого классического дренажа состоит из шахтного ствола глубиной 10–15 м диаметром 3,5–4 м из которого бурятся горизонтальные дрены необходимой длины и диаметра. Наиболее дорогой и трудоемкой частью лучевого дренажа является шахтный ствол. Большой диаметр ствола вызван необходимостью размещения в нем бурового оборудования для проходки горизонтальных дрен.

С целью снижения стоимости лучевого дренажа и трудозатрат на его устройство, предложена новая конструкция и способ проходки горизонтальных дрен. Основной отличительной особенностью предлагаемой конструкции является отказ от глубокого, большого диаметра шахтного ствола, замена его неглубоким колодцем глубиной до трех метров и диаметром 2,5–3 м. Проходка лучевых дрен осуществляется установками бестраншейного направленного бурения на требуемую глубину и необходимой длины. Горизонтальные дрены изготовлены из гофрированных полиэтиленовых, полипропиленовых или поливинилхлоридных перфорированных труб с фильтрующим покрытием из тайпара, а для защиты фильтра от повреждения при монтаже дрены, она имеет специальный защитный кожух из пластмассовой гофрированной трубы большего диаметра.

Дрены подсоединяются к колодцам, в них опускаются погружные насосы для откачки дренируемой воды, которая поступает в водосборный коллектор, проходящий через колодцы, его диаметр определяется гидравлическим расчетом. Коллектор рекомендуется устраивать из пластмассовых гофрированных труб, которые при возможных осадках способны, без нарушения их целостности, принимать дополнительные нагрузки растяжения - сжатия в продольном и поперечном направлении. Для более равномерной работы лучевых дрен, каждая из них должна быть оборудована двумя погружными насосами.

УДК 621.928.37 + 621.928.93

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИКЛОНОВ

Д.И. МИСЮЛЯ, Ю.Л. РУСАКОВИЧ, В.В. КУЗЬМИН

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Циклоны являются самыми распространенными центробежными пылеуловителями. При этом они могут применяться в качестве как первой ступени очистки перед аппаратами тонкого пылеулавливания, так и единственной ступени очистки.

Гидравлическое сопротивление циклонов обычно составляет существенную часть общих потерь давления в системах очистки газов [1]. Поэтому оценка сопротивления циклонов и изыскание путей его снижения представляют большой практический интерес.

Сопротивление циклонных аппаратов зависит от потерь кинетической энергии вращательного движения выходящего очищенного потока. Для их снижения применяют раскручивающие (спрямляющие) устройства, позволяющие преобразовать эту энергию в статическое давление. Учитывая конструктивные особенности и принцип работы, раскручиватели потока устанавливают внутри циклона или на выходе из аппарата [2, 3].

Исследования гидравлического сопротивления проводились в соответствии с рекомендованной НИИОГАЗом методикой [4] на незапыленном атмосферном воздухе при температуре 20 °С на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром 0,24 м.

Конструкция, место установки и 3D-модель раскручивающего устройства представлены на рис. 1.

Устройство, расположенное в выхлопной трубе циклона, состоит из центральной части 1, лопастей 2, рециркуляционной трубы 3 и завихрителя 4. Пустотелые лопасти 2, расположенные между внутренней поверхностью выхлопной трубы и центральной частью 1, снабжены щелевыми отверстиями 5, которые сообщаются с рециркуляционной трубой 3.

Выходящий из основной сепарационной зоны циклона вихревой поток поступает в выхлопную трубу, в которой расположено раскручивающее устройство. На лопастях 2 происходит плавное выпрямление газового потока. Частицы, захваченные этим восходящим вихревым потоком и движущиеся вдоль внутренней поверхности выхлопной трубы, попадают в щелевые отверстия 5, затем в рециркуляционную трубу 3 и по ней возвращаются в основную сепарационную зону циклона на дополнительное

улавливание. Для интенсификации этого процесса на выходе из рециркуляционной трубы 3 установлен завихритель 4.

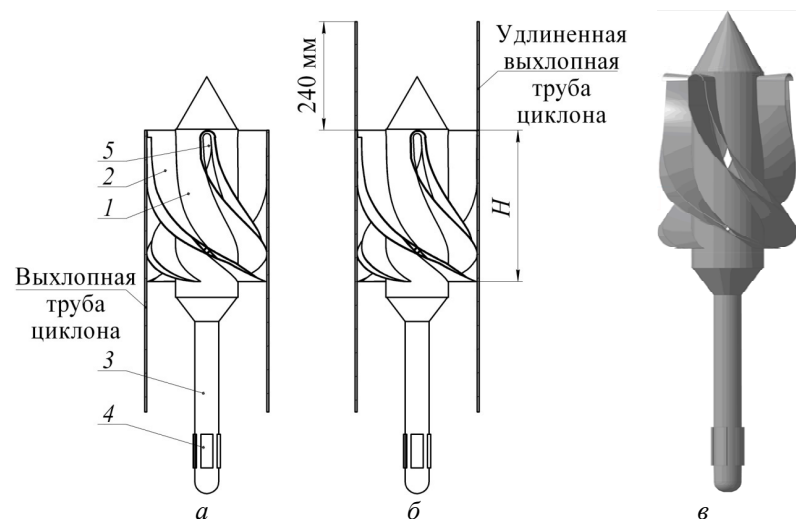


Рис. 1. Конструкция и место установки раскручивающего устройства: *а* – в стандартной выхлопной трубе; *б* – в удлиненной выхлопной трубе; *в* – 3D-модель раскручивающего устройства

При установке раскручивающего устройства таким образом, что верхний край его лопастей расположен на одном уровне с верхней кромкой выхлопной трубы, как показано на рис. 1, *а*, ее удлинение (рис. 1, *б*) способствует равномерному распределению потока на все сечение трубы.

Зависимость степени снижения сопротивления циклона ϵ , %, от скорости газа в нем w , м/с, при различной высоте лопастей H раскручивающего устройства показана на рис. 2. Зависимость ϵ , %, от числа лопастей N устройства при $w = 3,5$ м/с приведена на рис. 3.

С увеличением высоты лопастей раскручивающего устройства эффективность снижения сопротивления возрастает, что можно объяснить более полным раскручиванием газового потока.

Применение удлиненной выхлопной трубы (стабилизационного участка), при установке раскручивающего устройства, также положительно влияет на снижение сопротивления циклона. Газовый поток выходит из устройства не как единый поток, а как равное числу лопастей струй. Благодаря стабилизационному участку, поток заполняет все сечение выхлопной трубы, что и снижает гидравлическое сопротивление циклона.

Е.Г.САПОЖНИКОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МИПК и ПК

Минск, Беларусь

Солигорский промышленный район с точки зрения экологической обстановки относится к проблемным в Республике Беларусь. За полувековой период разработки Старобинского месторождения калийных солей объем промышленных отходов производства превышает 800 млн т, а площади их складирования занимают более 1600 га пахотных и других угодий. Осадка поверхности земли над отработанным пространством горизонтальных выработок привело к заболачиванию сельскохозяйственных земель и других территорий на площади более 6,5 тыс. га, осушение этих земель без машинного водоподъема во многих случаях практически невозможно.

В том случае, когда уровни грунтовых вод достаточно близко залегают от дневной поверхности, осадка территории, вследствие ее подработки, вызывает подтопление зданий и сооружений, а также сельскохозяйственных угодий. При этом нарушаются нормальные условия проживания населения, грунтовые воды затапливают погреба и подвалы, вследствие чего увеличивается влажность в жилых помещениях, что приводит к появлению плесени, гниению полов и мебели, появлению устойчивой популяции домового комара. Возрастает количество заболеваний жителей, особенно детей, обостряются хронические заболевания. Восстановление нормальных условий проживания населения и производства сельскохозяйственной продукции на территориях, оказавшихся подтопленными вследствие оседания дневной поверхности, возможен различными методами и способами их осушения, выбор которых зависит от многих факторов. Наиболее сложной является защита от заболачивания и подтопления грунтовыми водами территорий населенных пунктов, где традиционные способы осушения, такие как открытая сеть, закрытый материальный дренаж практически неприемлемы.

Были проанализированы гидрогеологические условия одного из участков подрабатываемых территорий Солигорского района – деревня Чижевичи, с целью выбора рационального способа осушения, так как средний уровень грунтовых вод на территории объекта находится на 1,5 м от поверхности земли, а на пониженных участках 0,5–0,7 м. В связи с тем, что осушаемая территория плотно застроена, на ней расположены приусадебные участки, понижение уровня грунтовых вод может быть осуществлено двумя видами дренажей: вертикальным и лучевым.

тельной части строительных материалов и сырья превышает данный параметр почвы и земной коры, особенно для бокситов, гранитов, глин, гнейсов, сланцев и других горных пород.

В процессе изучения методов и результатов испытаний изделий и конструкций (по данным технической документации и паспортов на готовую продукцию) был проведен анализ уровня доступности оценки и управления радиационными свойствами строительной продукции. Установлено среднее значение показателя $A_{эфф}$ в исходных стройматериалах и во вторично используемом сырье. Значения $A_{эфф}$ в 2,5 раза выше в металлургических шлаках, чем в природном сырье. Это объясняется процессом концентрирования минерального остатка в результате термического воздействия на исходное сырье.

Отмечена положительная тенденция к указанию $A_{эфф}$ в технической документации на строительные материалы, т.е. проведение I этапа радиационного контроля.

Однако этот показатель на строительные изделия и конструкции, в большинстве случаев, заменен на запись: «не превышает норму», что свидетельствует об отсутствии II этапа радиационного контроля, т.е. контроля в процессе изготовления бетонной смеси и в готовой продукции.

Не проводится на производствах также работа по внесению изменений в технологическую документацию на изготовление бетонных и железобетонных изделий, которая, с учетом нормативных требований, должна включать периодический радиационный контроль, технически и экономически обосновав приобретение необходимых приборов и установок.

Объектом испытаний должны стать и конструкции строительного комплекса, находящиеся в условиях эксплуатации. Наличие микротрещин, как на поверхности, так и в массиве особенно ограждающих конструкций определяет миграционное поведение техногенных радионуклидов. Этот процесс активизирует также градиент температур наружной и внутренней поверхности строительных конструкций.

Более детальное изучение проблемы радиационно-экологической обстановки на объектах строительного комплекса будет способствовать не только управлению радиационным качеством строительных материалов, но и минимизации уровня их загрязненности естественными и техническими радионуклидами на строительных объектах и способствует снижению дозовых нагрузок на человека в помещении. Также, полученная информация о проведенных измерениях, может быть использована и в проектировании конструкций и в технологических расчетах для необходимой минимизации радионуклидов не выше нормируемого уровня (учитывая, что на территории Могилевской области достаточное количество радиационно-зараженных территорий).

Опыты также подтвердили наличие описанной выше циркуляции части газа с неуправляемыми частицами от внутренней поверхности выхлопной трубы через полости лопастей и рециркуляционную трубу обратно в центральную зону циклона.

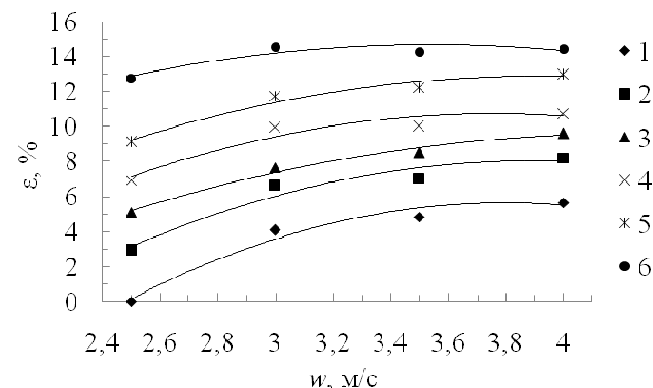


Рис. 2. Влияние четырехлопастного ($N = 4$) раскручивающего устройства с различной высотой лопастей H , м, и удлинения наружной части выхлопной трубы на ϵ , %: 1 — $H = 0,06$; 2 — $0,12$; 3 — $0,06$ с удлиненной выхлопной трубой; 4 — $0,18$; 5 — $0,12$ с удлиненной выхлопной трубой; 6 — $0,18$ с удлиненной выхлопной трубой

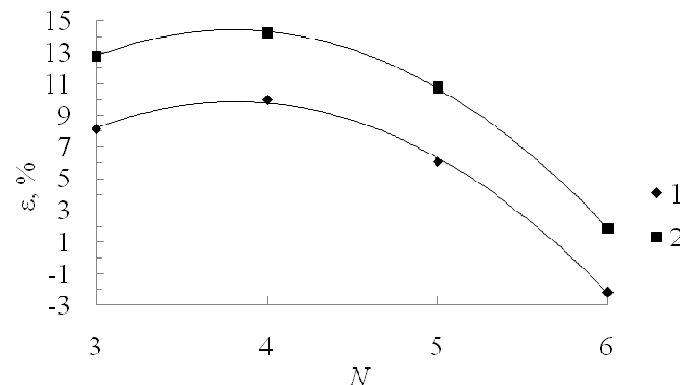


Рис. 3. Влияние числа лопастей N раскручивающего устройства на ϵ , %: 1 — со стандартной выхлопной трубой; 2 — с удлиненной выхлопной трубой

С ростом числа лопастей уменьшается проходное сечение между ними, что увеличивает гидравлическое сопротивление проходу газового потока. Однако при уменьшении числа лопастей, снижается эффективность выпрямления потока. С практической точки зрения, более предпочтительным является применение раскручивающего устройства с меньшим числом лопастей, поскольку сужение проходного сечения в данном случае будет происходить медленнее, вследствие меньшей поверхности для отложения пыли.

Применение четырехлопастного раскручивающего устройства, высота лопастей которого 18 см, и удлинение наружной части выхлопной трубы снижает сопротивление циклонов до 15 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коузов, П. А.** Коэффициенты гидравлического сопротивления сухих циклонов / П. А. Коузов // Сб. научные труды институтов охраны труда ВЦСПС. – 1969. – Вып. 58. – С. 3–12.
2. **Идельчик, И. Е.** Гидравлическое сопротивление циклонов НИИОГАЗ / И. Е. Идельчик, А. Д. Мальгин // Промышленная энергетика. – 1969. – № 8. – С. 45–48.
3. **Кирпичев, Е. Ф.** Усовершенствование одиночных и батарейных циклонов и создание золоуловителей с прямоточными циклонными элементами / Е. Ф. Кирпичев // Сб. Очистка дымовых газов электростанций от золы – БТИ ОРГРЭС, 1962. – С. 100–111.
4. **Идельчик, И. Е.** Гидравлическое сопротивление циклонов, его определение, величина и пути снижения / И. Е. Идельчик // Механическая очистка промышленных газов / НИИОГАЗ; под ред. Б.Ф. Подошевникова. – М. : Машиностроение, 1974. – С. 135–159.

УДК 691:613.648+614.87.6 К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИИ РАДИАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Т.С. САМОЛЫГО, И.В. ГОМЕЛЮК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Естественные радионуклиды (ЕРН) окружающей среды являются одним из основных источников облучения населения. Но, в настоящее время, можно говорить, что их вредное воздействие на организм человека оказывается таким же, как и воздействие излучения от техногенных радиоактивных источников. Современный человек, особенно городской житель, большую часть времени проводит в помещениях. Основными источниками, формирующими дозовые нагрузки, являются, во-первых, строительные материалы, изготовленные из природного сырья и всевозможных промышленных отходов, и, во-вторых, радиоактивный газ радон, который попадает в помещения либо из грунтов, на которых стоит здание, либо из материала стен самих зданий. Например, при проживании в течение года в различных домах человек получает, в среднем, следующие дозы излучения от стен: в кирпичном доме – от 50 до 100 мбэр; в бетонном доме – от 70 до 100 мбэр; в деревянном доме – от 30 до 50 мбэр.

Для сравнения человек за год получает также дозу природного излучения: от космических лучей – 45 мбэр; от почвы – 15 мбэр; от воды, пищи, воздуха – 25 мбэр; от рентгеновской диагностики (флюорография) – 370 мбэр; ежедневный в течение года 3-часовой просмотр ТВ – 0,5 мбэр.

Если просуммировать нагрузки от природного радиационного излучения и радиационные нагрузки от использованных в здании материалов, то можно выявить превышение фона.

Использование в строительстве сырьевых ресурсов, с присутствием в них естественных и техногенных нуклидов, приводит не только к загрязнению строительных материалов, но и конструкций зданий, и, как следствие, к повышению уровня измеряемых радиационных параметров в помещениях строительных объектов. Недостаточное изучение этих вопросов является проблемой для строительного комплекса. Поэтому трактовка поставленной задачи: «Изучение путей повышения радиационного качества строительной продукции» – акцентирует внимание на нормативном и метрологическом обеспечении радиационного контроля в сфере производства строительных изделий и конструкций, анализ содержания в них ЕРН по показателю $A_{эфф}$ (эффективной удельной активности).

Диапазон изменения эффективной удельной активности ЕРН в горных породах, используемых в строительном производстве, весьма широк 41–603 Бк/кг. При этом, эффективная удельная активность ЕРН в значи-

ние определяются расчетом в зависимости от требуемой несущей способности перекрытия.

Таким способом можно увеличить допускаемые нагрузки на перекрытие до 6,0 кПа. При этом изгибающие моменты в существующих плитах не увеличиваются. Возросшую по величине поперечную силу плиты способны воспринять, т.к. армирование каркасами приопорных зон плит под расчетные нагрузки 4,5 кПа и 6,0 кПа в большинстве серий совпадает. Как правило, все вышесказанное можно отнести и к плитам под расчетные нагрузки 8,0 кПа и 10,0 (12,5) кПа. В случае необходимости усиления плит, при обследовании необходим усиленный контроль за поперечным армированием в опорных зонах плит.

Предлагаемый способ повышения несущей способности настилов из многопустотных железобетонных плит позволяет уменьшить расход необходимых строительных материалов, не прекращая при этом эксплуатацию расположенных ниже помещений.

УДК 621.928.37 + 621.928.93

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЦИКЛОНОВ

Д.И. МИСЮЛЯ, Ю.Л. РУСАКОВИЧ, М.И. ШАЛУХО

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Циклоны являются наиболее распространенными аппаратами газоочистки, широко применяемыми для отделения пыли от газов и воздуха (в том числе и аспирационного) в промышленности строительных материалов и других отраслях промышленности [1].

Энергопотребление циклонов прямо пропорционально их гидравлическому сопротивлению, которое составляет значительную часть общих потерь давления в системах очистки газа. Для снижения гидравлических потерь в циклонах можно использовать регенераторы давления, выполненные в виде лопастных раскручивателей, снижающих сопротивление аппарата на 18–25 % без ухудшения качества очистки [2].

Для снижения энергозатрат при очистке газа в циклонах авторами разработана новая конструкция лопастного раскручивателя, представленная на рис. 1, *а*. Раскручиватель, состоит из центральной цилиндрической части 1, к которой радиально прикреплены лопасти 2, нижнего 3 и верхнего 4 конических обтекателей. Профиль лопастей 2 соответствует дуге окружности с углом входа, определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе [3], и углом выхода 90°, характеризующим осевое движение газа.

Раскручиватель располагался в различных положениях по высоте выхлопной трубы H циклона (в качестве определяющего параметра использовалось расстояние l от нижнего среза выхлопной трубы до нижней кромки лопастей), как показано на рис. 1, *б*. При расположении нижней кромки лопастей ниже входа в выхлопную трубу, отношение l/H принималось со знаком « $\rightarrow$ » ($l/H < 0$).

Исследования гидравлического сопротивления проводились на незапыленном атмосферном воздухе при температуре 20 °С на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром 0,24 м в соответствии со стандартной методикой [4]. Условная скорость газа в циклоне изменялась в интервале 2–4 м/с, соответствующему практически используемому диапазону рабочих скоростей для данных циклонов.

Известно, что в циклонах ЦН-15 установка лопастного раскручивателя уже в положении, соответствующему $l = 0,333H$ (рис. 1, *б*), не влияет на коэффициент очистки [5]. Поэтому на рис. 3 представлены для данного по-

ложения зависимости степени снижения гидравлического сопротивления циклона ε от числа лопастей N раскручивателя при условной скорости газа $w = 2-4$ м/с.

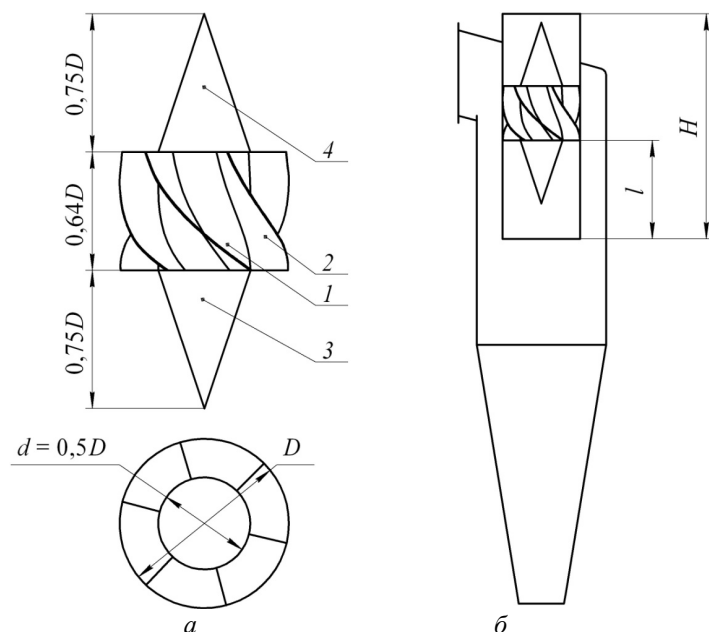


Рис. 1. Лопастной раскручиватель (а) и его расположение в циклоне (б): d – диаметр цилиндрической части раскручивателя; D – внутренний диаметр выхлопной трубы циклона; l – центральная цилиндрическая часть; 2 – лопасти; 3, 4 – нижний и верхний конические обтекатели соответственно

Из приведенных на рис. 3 зависимостей видно, что наибольшую эффективность имеют пяти- и шестилопастной раскручиватели. С практической точки зрения более предпочтительным является применение раскручивателя с меньшим числом лопастей, вследствие снижения поверхности для отложения пыли и опасности зарастания проходного сечения выхлопной трубы. Поэтому оптимальной является конструкция пятилопастного раскручивающего устройства.

Влияние расположения пятилопастного раскручивателя l/H на степень снижения сопротивления циклона ε , %, при различных условных скоростях газа показано на рис. 4.

При опускании раскручивающего устройства в выхлопной трубе гидравлическое сопротивление циклона снижается, что связано с увеличением

УДК 624.012 СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НАСТИЛОВ ИЗ МНОГОПУСТОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

В.А. САМКЕВИЧ, А.Н. ПЕТРУКОВИЧ, М.А. СИДАРКОВ
Ф-л РУП «Институт БелНИИС» НТЦ
Брест, Беларусь

При реконструкции зданий, построенных в 60–80-е годы прошлого века, часто возникает необходимость надстройки дополнительных этажей. Стены в таких зданиях, как правило, выполнены из кирпича. В качестве настила покрытия применялись плиты многопустотные железобетонные длиной 5,7–6,3 м под расчетную нагрузку 4,5 кПа.

После реконструкции настил покрытия становится междуэтажным перекрытием и его несущая способность может быть недостаточной для восприятия новых эксплуатационных нагрузок.

Наиболее простым решением в данной ситуации является демонтаж существующего настила покрытия и устройство нового настила с требуемой несущей способностью. Но это не всегда возможно по различным причинам. Например, нет возможности прекратить эксплуатацию реконструируемого здания на время выполнения строительно-монтажных работ.

В этом случае возникает необходимость усиления этих плит. Наиболее известен способ усиления многопустотных железобетонных плит, с заведением в предварительно прорезанные сверху пустоты арматурных каркасов, с последующим одновременным бетонированием пустот и армированной сетками плиты поверх существующего настила. Этот способ очень трудоемок, требует тщательного контроля качества на всех стадиях выполнения работ (прорезка борозд вдоль пустот, тщательная очистка пустот от пыли, установка и фиксация арматурных каркасов, укладка бетона и уход за ним до набора проектной прочности). Кроме того, требуется установка страховочных опор под усиливаемыми плитами.

Поставленную задачу можно решить и другим, менее сложным способом – поверх существующего покрытия выполнить монтаж нового настила с более высокой несущей способностью. Но в этом случае значительно возрастают нагрузки на стены, фундаменты и основания.

В связи с изложенным, предлагается более простой способ решения поставленной задачи: передать увеличивающиеся нагрузки на существующие плиты таким образом, чтобы не возникала их перегрузка. По существующему настилу покрытия непосредственно у несущих стен и на расстоянии 0,9 – 1,2 м от стен укладываются доски толщиной не менее 30 мм. По ним монтируются деревянные балки. Шаг балок и их поперечное сече-

Л.И. САЗОНОВА, М.Н. ЦАЦУРА, А.О. ГРЕБЕНЮК

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

Процесс проектирования автомобильных дорог и, в частности, кюветов достаточно трудоёмок. В результате ручного расчёта возможны неверно принятые решения инженером. Это может привести к нерациональному использованию дорожно-строительных материалов. Зачастую объём земляных работ обходится дешевле устройства некоторых дорогостоящих видов укреплений из бетона.

Подбор необходимых размеров поперечного сечения кювета, типа укрепления его откосов и дна производят на основе гидравлических расчетов. Зная заданный расход воды, задаются уклоном дна канавы, равным или больше уклона местности, и возможным коэффициентом гидравлической шероховатости. Определяют минимальное значение площади живого сечения; линейные размеры поперечного сечения канавы: глубину потока воды; гидравлический радиус, скорость течения воды в канаве. Минимальную глубину потока воды находят графоаналитическим способом.

Была составлена программа для автоматизированного расчёта кювета автомобильной дороги с использованием средств Microsoft Visual Studio 2008 на языке программирования Visual C#. В качестве исходных параметров для расчёта необходимы: коэффициенты заложения откосов, продольный уклон, расчётный расход, коэффициент шероховатости и ширина канавы, отметка дна кювета, отметка бровки земляного полотна и отметка верха кювета. В результате расчёта получаем значения глубины канавы, скорости, объёмы земляных работ, типа необходимого укрепления для полученной скорости, стоимость полученного укрепления и стоимость земляных работ. В программе существует возможность экспорта полученных результатов в приложение Microsoft Excel.

Благодаря автоматизированному процессу расчёта кюветов автомобильной дороги на данной программе, значительно увеличивается скорость расчёта и уменьшается роль человеческого фактора. Исключается ошибка определения глубины потока воды в результате расчёта графоаналитическим способом. Экономия во времени уже даёт экономический эффект. Благодаря автоматизированному расчёту кюветов автомобильной дороги инженер принимает наиболее рациональное и экономически обоснованное решение.

интенсивности крутки газового потока. Установка раскручивателя таким образом, что нижний край лопастей находится ниже входа в выхлопную трубу ($l/H < 0$), очевидно нарушает аэродинамику потока в сепарационной зоне циклона, приводя к резкому снижению его сопротивления.

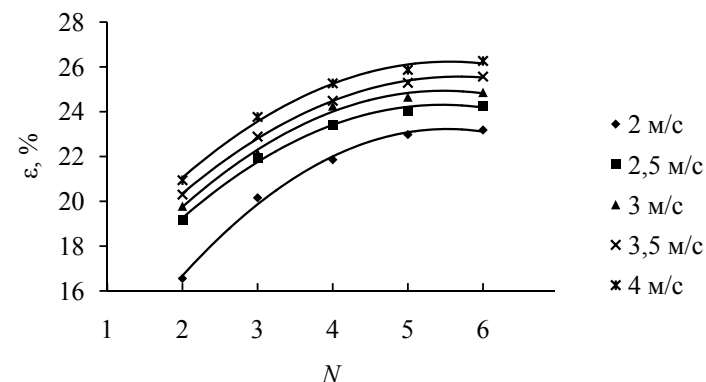


Рис. 2. Влияние числа лопастей раскручивателя N на степень снижения сопротивления циклона $\varepsilon, \%$ при различных условиях скорости газа

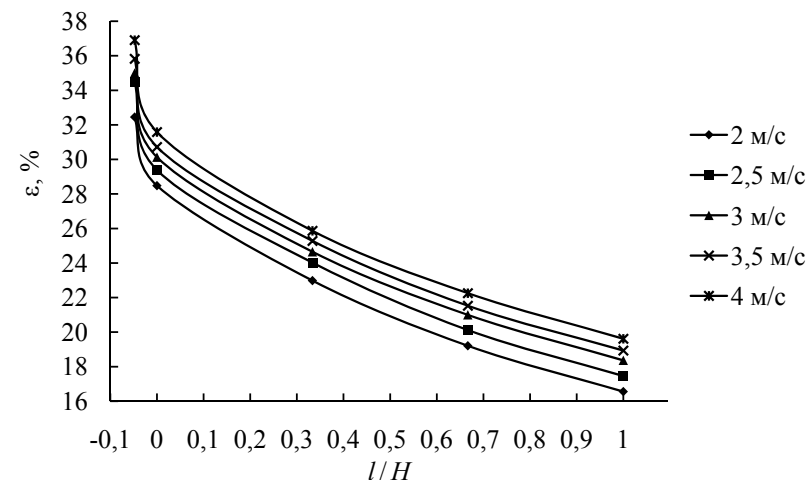


Рис. 3. Влияние места установки пятилопастного раскручивателя l/H на степень снижения сопротивления циклона $\varepsilon, \%$ при различных условиях скорости газа

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение разработанного лопастного раскручивателя снижает энергопотребление циклонов ЦН-15 на 23–26 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тимонин, А. С.** Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник в 3 т. / А. С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 2. – 2-е изд., перераб. и доп. – 1025 с.
2. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. – Ярославль, 1970. – 95 с.
3. **Сабуров, Э. Н.** Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / Э. Н. Сабуров, С. В. Карпов, С. И. Осташев; под ред. Э.Н. Сабурова. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1989. – 276 с.
4. **Коузов, П. А.** Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрябин. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.
5. **Первов, А. А.** Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.01 / А.А. Первов; Всесоюз. дважды ордена трудового Красного знамени теплотехнический НИИ им. Ф.Э. Дзержинского. – М., 1973. – 20 с.

ставляющих портландцементного клинкера. Прочностные и упруго-деформируемые характеристики цементного камня и бетона определяются уровнем энергии их взаимосвязей, которые образуются между соседствующими гидрокристаллами. Учитывая наноразмеры гидрокристаллов ($\sim 8\text{--}15 \times 10^{-9}$ м), специфику их образования и последующего формирования гидрокристаллической структуры цементного камня, можно предположить эффективность введения в такую систему твердофазных частиц углеродного наноматериала. При этом возможно проявление эффективности двоякого рода: во-первых, ультрамикродисперсный углеродный наноматериал, характеризующийся огромным, концентрированным в нанобъеме потенциалом поверхности может послужить катализатором процесса образования гидрокристаллов как более интенсивно во времени, так и в значительно большем количестве; во-вторых, введение углеродных наноматериалов в виде волокон (нитей) может способствовать проявлению армирующего эффекта на наноуровне, т.е. в формирующейся системе гидрокристаллических новообразований в объеме твердеющего цементного камня. В обоих случаях возможно повышение прочностных характеристик цементного камня, а на этой основе – бетона.

В результате проведенных исследований, установлена общая тенденция благоприятного воздействия минимальных дозировок углеродного нановещества (0,00–0,015 % от массы цемента) на физико-технические свойства цементного камня и бетона. Выявлено, что углеродные нанодобавки не оказывают отрицательного влияния на нормируемые физико-технические свойства цемента (активность, равномерность изменения объема, сроки схватывания, нормальную густоту) и могут до 20 % повысить активность цемента.

В процессе выполнения экспериментов был апробирован широкий спектр веществ углеродных наноматериалов, различающихся видом исходного сырья и особенностями технологии получения, с целью снижения стоимости конечного продукта и повышения его качественных характеристик.

Отработаны технологические приемы введения малых количеств углеродных наноматериалов в цемент, выполнены начальные исследования структурно-морфологических изменений в продуктах гидратации клинкерных минералов цемента и особенностей формирования их структуры под влиянием углеродного нановещества.

Необходимо отметить, что круг возможных направлений использования углеродных наноматериалов и требующих решения задач постоянно расширяется. Планируемые исследования будут сосредоточены на наиболее важных из них, в том числе на тех, которые в ближайшей перспективе могут быть реализованы в строительном производстве.

УДК 621.762; 691.002(032)
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

П.В. РЯБЧИКОВ, А.Ю. КОЗЕЛ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В современных условиях все большую значимость приобретает знание, способность и умение управлять процессами структурообразования при получении различных (в т.ч. и строительных) материалов на уровне размеров элементарных частиц. Результаты первых исследований углеродных наноматериалов, проводящиеся во многих странах мира, указывают на их необычные свойства, которые трудно ожидать от объектов нанометровых размеров. Так, нанотрубки с открытым концом проявляют капиллярный эффект и способны втягивать в себя расплавленные металлы и другие жидкие вещества. Реализация этого свойства нанотрубок открывает перспективу создания проводящих нитей диаметром порядка нанометра, которые могут стать основой электронных устройств нанометровых размеров. Значительные перспективы имеет применение наноматериалов в химической технологии. Оно основано на высокой удельной поверхности и химической инертности углеродных нанотрубок и связано с использованием их в гетерогенном катализе в качестве подложки, а также для получения разнообразных полимерных нанокомпозитов, используемых в приборо- и машиностроении, электронике, электротехнике и других отраслях народного хозяйства.

Отдельным направлением эффективного использования углеродных наноматериалов может стать строительная отрасль с ее огромным разнообразием применяемых в строительном производстве материалов. Технологии получения настолько разнообразны по химико-физическим процессам, диапазону температурных и временных режимов производственных процессов, что нет возможности, на данном этапе, точно определить наиболее эффективные направления использования уникальных свойств углеродных наноматериалов, способные обеспечить положительный результат в кратчайшие сроки.

С 2006 г. ведутся системные исследования о возможном улучшении физико-механических свойств цементных бетонов, модифицированных углеродными наноматериалами. Для бетонов на цементном вяжущем из множества факторов, влияющих на процессы становления их свойств, определяющими являются образование, накопление и системное взаиморасположение гидрокристаллов силикатной, алюминатной и ферритной со-

УДК 614.841
ПРИМЕНЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.С. МИХАЛЬКОВ, *Д.В. МИХАЛЬКОВ, *И.Е. УГРИНИВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное учреждение образования
«ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ МЧС РБ»
Могилев, пос. Светлая Роща, Беларусь

В современных условиях эффективная эксплуатация промышленных тепловых агрегатов невозможна без использования легких жаростойких материалов, обладающих повышенной теплоизолирующей способностью. В печестроении все большее применение находят легкие жаростойкие конструкционные и теплоизоляционные бетоны.

Применение таких бетонов позволяет рационально осуществлять строительство и эксплуатацию тепловых агрегатов; значительно экономить материалы и технологическое топливо; увеличивать габариты элементов для сборки конструкций футеровок, снижать их массу; изготавливать монолитные конструкции футеровок с повышенной теплоизолирующей способностью; интенсифицировать технологические процессы; эффективно защищать строительные конструкции и технологическое оборудование от вредного воздействия высоких температур; создавать нормальные условия труда обслуживающего персонала в горячих цехах.

К таким материалам относятся жаростойкие бетоны на пористых заполнителях и ячеистые бетоны. В зависимости от средней плотности, прочностных и деформативных характеристик, легкие жаростойкие бетоны могут применяться в качестве конструкционных или теплоизоляционных материалов в одно- или многослойных конструкциях, в целом создавая эффективную легковесную футеровку.

Проблематичным в их создании является рациональный подбор состава сырья и специальных добавок, придающих специальные свойства и характеристики.

Сульфосиликатные и сульфоалюминатные цементы, твердеющие без выделения гидрата оксида кальция, имеют большую жаростойкость, причем стойкость сульфосиликатных цементов намного выше стойкости цементов из C_2S .

В ИППК МЧС Республики Беларусь были проведены исследования изменения прочностных свойств цементов при огневом воздействии. Образцы размером 5х5х5 см выдерживали 28 суток до их естественного твердения. Далее образцы сначала нагревали в лабораторной электропечи со-

гласно стандартной температурной кривой в течение 180 минут, затем охлаждали и визуально осматривали, испытывали на прочность при сжатии. При нагревании, начиная с 200 °С, на образцах, изготовленных из вышеуказанных цементов, начинали образовываться мелкие трещины в виде сеток, которые оставались без изменений до 1000 °С. Дальнейшее повышение температуры стимулировало повышение прочности.

Из литературы известно, что после 28-суточного нормативного твердения прочность образцов, нагретых при температуре выше 100 °С, вначале увеличивается, а затем при 350–400 °С уменьшается ниже проектной, что обусловлено разложением гидратных новообразований.

Отличительная особенность сульфоминеральных цементов – значительная потеря прочности только при температурах 900–1000°С, тогда как резкое снижение прочности у портландцемента появляется уже при 500–600 °С, а при 800–1000 °С и пребывании на воздухе в течение 10 суток они разрушаются.

Таким образом, жаропрочность сульфоминеральных цементов больше, чем у портланд- и глиноземисто-белитовых цементов, что, видимо, обусловлено термической устойчивостью сульфосиликата кальция, из которого в основном состоят данные цементы, относительная и абсолютная прочность которого при 900–1000°С намного выше, чем у образцов из портландцемента, глиноземистого цемента и C_2S .

При нагреве от 1000 до 1200 °С число трещин (примерно 0,2–0,3 мм ширины) заметно возросло. При нагревании от 200 до 1200 °С окраска цементов несколько изменялось: при 400 °С цвет цемента от желтоватобелого перешел в сероватый, при 500 °С – темно-серый, при 900–1000°С – желтовато-белый и при 1000–1200 °С – серовато-белый. При таких температурах образцы имели вид спекшегося клинкера.

Из данных табл. 1, прочность образцов из цемента при нагреве до 600–700 °С почти не снижались, а с 900 до 1100 °С она заметно уменьшилась. Увеличение температуры до 1200 °С способствовало незначительному повышению механической прочности.

Табл. 1. Изменение прочности нагретых образцов при сжатии

№	Температура нагрева, °С											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Механическая прочность												
1	-	22	22	20	24	23	12	10	5	8	9	16
2	42	20	19	20	19	27	23	12	9	3	36	75
3	23	24	19	12	9	12	11	4	3	0,6	3	6
Относительная прочность, %												
1	-	92	91	84	100	95	48	42	22	33	39	39
2	203	99	93	95	93	132	110	57	45	12	12	134
3	67	69	55	34	24	35	32	11	7	3	3	7

УДК 666.973 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЯЖУЩИХ С МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.В. РУДЫК, Р.С. АЛЕКСАНДРОВ, С.Н. КОВШАР

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Авторы исследовали возможность использования портландцементов с минеральными добавками для изготовления дорожных изделий с нормируемой морозостойкостью.

Известно, что для изготовления дорожных изделий не допускается применение цементов с минеральными добавками. Выполненный анализ литературных источников позволил установить, что возможно получение морозостойких бетонов и на цементах с минеральными добавками. Для получения бетонов марок по морозостойкости F250 и выше для таких вяжущих необходимо использовать химические добавки.

Многочисленными исследованиями установлено, что основанными факторами, определяющими морозостойкость бетона, является его структура и строение порового пространства, которое, в свою очередь, зависит от минералогического состава и количества цемента, нормальной густоты цемента, тонкости помола, содержания, вида и количества химических добавок.

Для экспериментального исследования влияния вида вяжущего на морозостойкость бетонов был принят третий ускоренный метод определения морозостойкости. Для изготовления образцов использовали четыре разновидности вяжущих, выпускаемых белорусскими заводами.

В результате проведенных исследований, установлена возможность использования цементов с минеральными добавками, в том числе и шлакопортландцемента для изготовления дорожных изделий с маркой по морозостойкости не ниже F250. Это достигается применением химических добавок.

В частности, применение суперпластификатора С-3 в образцах, изготовленных вибропрессованием, позволяет минимизировать влияние минеральных добавок в цементе на морозостойкость, за исключением шлакопортландцемента.

Совместное применение добавки С-3 и воздухововлекающей добавки «Микропоран» в бетоне, изготовленном по литьевой технологии, позволило полностью компенсировать влияние минеральных добавок и добавок шлака на морозостойкость бетона.

ют остатки несгоревшего топлива в количестве 8 % от массы золы. Этот компонент отличается повышенной пористостью, что вместе высокой удельной поверхностью золы повышает коэффициент нормальной густоты вяжущего (см. табл. 1).

Табл. 1. Нормальная густота цементного теста в зависимости от содержания золы в цементном вяжущем.

№ п/п	Содержание золы в цементном вяжущем, %	Количество воды, для получения теста нормальной густоты, г	Нормальная густота, %
1	0	96	24,00
2	5	98	24,50
3	10	100	25,00
4	15	103	25,75
5	20	106	26,50

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что электрофильтровая зола Шатурской ГРЭС может использоваться в качестве микронаполнителя к цементам при производстве низкомарочных бетонов, а также при возведении гидротехнических сооружений.

УДК 666.973 ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО-КЕРАМЗИТОВЫХ ЛИСТОВ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ

М.М. МОРДИЧ, Г.С. ГАЛУЗО, Н.О. ЧИЖЕВСКАЯ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Впервые несъемная опалубка применена в СССР в гидротехническом строительстве на Свирской ГЭС по предложению профессора Н.Н. Лужницкого и получила широкое применение раньше, чем в других странах. Уже в 1938–1941 годах по предложению проф. В.Д. Журина на Верхневолжской ГЭС площадь несъемной опалубки составила 220 тыс.м². Железобетонными плитами облицовывались плоские вертикальные грани конструкций ГЭС.

В дальнейшем при развитии технологии, основанной на использовании несъемной опалубки, она получила свое применение в промышленном и гражданском строительстве. При возведении зданий и сооружений толщина и вид данной опалубки изменялся в сторону уменьшения геометрических размеров. В результате чего, она потерпела ряд существенных видоизменений. На данном этапе развития, несъемная опалубка представлена плоскими листами, толщина которых не превышает 30 мм.

Разработана технология изготовления и определены основные физико-механические свойства плоских цементно-керамзитовых листов, армированные стеклосеткой (ТУ ВУ 391138673.659-2009), толщина которых составляет 9–12 мм при прочности на растяжение, при изгибе 12–15 МПа.

Данные листы предназначены для применения при монолитном возведении конструкций в качестве несъемной опалубки. Стеклосетка, установленная в верхней и нижней зоне, позволяет воспринимать дипольные моменты, действующие во время монтажа и при дальнейшей эксплуатации ограждающих конструкций.

Листы цементно-керамзитовые, армированные стеклосеткой, удовлетворяют в полной мере программе импортозамещения, действующей на территории РБ, т.к. в их состав входят материалы отечественных производителей (цемент, керамзит, стеклосетка).

При возведении ограждающих конструкций зданий из монолитного бетона в несъемной опалубке помимо требований по механическим, предъявляются требования по гидрофизическим свойствам (водопоглощение, сорбционная влажность, паропроницаемость, влаготдача).

На образцах, выпиленных из цементно-керамзитовых листов, изготовленных в производственных условиях ООО «ОршаКЕМБел» определены структурные и гидрофизические показатели качества.

Установлено, что при средней плотности материала цементно-керамзитовых листов 1210 – 1330 кг/м³ общая пористость составляет 48,6–43,9 %. Водопоглощение при полном погружении в воду в течении 48 часов составило 18,1 и 21,9 % по массе, 24,1 и 26,9 % по объему, соответственно, для средней плотности 1330 и 1210 кг/м³. Коэффициент насыщения пор водой составил 0,55, что свидетельствует о наличии закрытых пор в материале. Сорбционная влажность цементно-керамзитовых листов составила 10,1–11,3 %. Паропроницаемость, которая имеет важнейшее значение для несъемной опалубки наружной стены, составляет в среднем 0,057 мг/м·ч·Па, что незначительно выше, по сравнению с полистирольным пенопластом, применяемым в качестве несъемной опалубки. Однако сопротивление паропроницаемости для цементно-керамзитовых листов толщиной 10 мм в 3,42 раза меньше, по сравнению со значением такой же характеристики для опалубки из пенополистирола толщиной 30 мм и в 5,71 раза меньше – при толщине пенополистирола 50 мм.

Проведенные исследования гидрофизических свойств цементно-керамзитовых листов свидетельствуют о возможности использования данного материала в качестве несъемной опалубки при монолитном возведении ограждающих конструкций зданий.

УДК 666.972

УТИЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВОЙ ЗОЛЫ

А.С. РУБАН, А.Н. МИКУЛЬСКАЯ, В.Д. ЯКИМОВИЧ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Использование промышленных отходов в производстве строительных материалов, с одной стороны, помогает промышленникам и экологам в проблеме утилизации отходов, а с другой – является источником дешевого сырья для строительной индустрии, причем в некоторых случаях не требующего значительной дополнительной переработки.

При длительном твердении бетона крупные частицы цемента полностью не гидратируются и выполняют роль микронаполнителя в цементном камне. Такие частицы цемента могут быть замещены инертными или малоактивными частицами наполнителя без значительного снижения прочности бетона. При производстве низкомарочных бетонов и растворов применение микронаполнителей можно отнести к разряду обязательных действий с учетом высоких показателей активности цементов белорусских производителей. Расход цемента, рассчитанный по показателям прочности, для таких бетонов недостаточен для получения заданной подвижности и плотности смеси. Во избежание перерасхода цемента и применяют микронаполнители, тем самым добиваясь требуемой подвижности и исключая возможность водоотделения смеси.

Авторами исследовалась возможность применения в качестве минеральной добавки к цементу осажденной электрофильтровой золы Шатурской ГРЭС от сжигания угольных топливных ресурсов. Исследовалось влияние содержания золы в цементе на реологические свойства цементного теста и прочностные характеристики цементного камня. Для этих целей были использованы: метод определения нормальной густоты по ГОСТ 310.3-76 и ускоренный метод определения активности вяжущего ЦНИПС-2. Применяемые составы вяжущего элемента представлены в табл. 1.

Зола Шатурской ГРЭС представляет собой округлые оплавленные частички, поверхность которых покрыта алюмосиликатным стеклом. В присутствии извести и воды зола проявляет некоторую пуццоланическую активность – при замене 10 % цемента активность вяжущего в 28-суточном возрасте составила 86 %, а в возрасте 2 месяцев – 95 % от активности контрольных образцов. Следует отметить, что активность вяжущего исследовалась на образцах с различными условиями твердения. Прочность образцов с нормально-влажностным твердением и образцов, твердеющих в водной среде, сопоставима. Наряду с минеральной частью, в золе присутству-

Т.А. ПОЛЯКОВА, А.О. ГРЕБЕНЮК, К.В. РОМАНОВ

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

В настоящее время для любой отрасли народного хозяйства весьма актуальными являются проблемы удешевления продукции, снижения затрат и экономия ресурсов.

Немаловажную роль при этом может сыграть использование отходов местной промышленности вместо дорогостоящих природных материалов.

В дорожной отрасли большая часть выделяемых финансовых средств на эксплуатацию автомобильных дорог расходуется на зимнее содержание дорог. При этом используются различные способы борьбы со скользкостью, в т.ч. и фрикционный способ с применением различных каменных материалов.

Противогололедные материалы начали использоваться с 1920 г. и традиционно представлены природным песком, песчано-гравийной смесью, отсевом и др. Они позволяют повысить шероховатость поверхности зимних дорог и обеспечить тем самым безопасность движения. Особую пользу абразивы приносят в условиях низких температур, когда химические материалы теряют свою активность и их применение становится неэффективным.

Наилучший эффект этого способа достигается при использовании материалов с размером зерен до 8 мм.

На Могилевском металлургическом заводе в результате технологических процессов образуются отходы в виде гранулированных ваграночных шлаков, которые могут быть использованы в качестве фрикционного материала для снижения скользкости на дорогах вне населенных пунктов.

Этот материал имеет право конкурировать с природными фрикционными материалами по многим показателям: модуль крупности составляет 3–3,5; повышенная масса позволяет более прочно и надежно закрепиться на покрытии; темный цвет повысит температуру покрытия в солнечные морозные дни и др.

Решающим же фактором в пользу использования шлаков является то, что, будучи отходом производства, его стоимость на месте применения равняется лишь транспортным расходам, в то время как в стоимость песка входит и отпускная цена, составляющая несколько тысяч рублей за кубический метр.

Одновременно с этим решается и еще одна важная экологическая проблема – проблема утилизации отходов Могилевского металлургического завода.

В.Г. МЯКОТА

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время единое определение понятия риска отсутствует. Под риском в различных литературных источниках понимается вероятность возникновения какого-либо неблагоприятного события с предсказуемыми последствиями за определенный промежуток времени.

Применительно к магистральным трубопроводам можно выделить следующие применяемые подходы к анализу рисков касательно магистральных трубопроводов: имитационное моделирование (метод Монте-Карло); дендрологический; корреляционный; оценка и картографирование риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного или техногенного происхождения и связанных с ними последствий (прогноз риск-ситуаций); и эколого-геохимический. Имитационное моделирование позволяет имитировать условия, при которых возможна авария. Второй метод позволяет количественно и качественно проанализировать причинные взаимосвязи, ведущие к возникновению опасных ситуаций при эксплуатации магистральных трубопроводов. Прогноз риск-ситуаций позволяет представить в будущем проявление в пределах трассы неблагоприятных событий и спрогнозировать их влияние на безопасное функционирование магистральных трубопроводов. Эколого-геохимический – провести оценку экологического риска, связанного с загрязнением трассы различными веществами.

На объектах транспортировки нефти и газа риски могут быть классифицированы по следующим факторам:

а) по источникам воздействия:

- природные, к которым относятся экстремальные эколого-геоморфологические ситуации, в результате которых происходит изменение в отрицательную сторону многих компонентов природной среды;
- техногенные, связанные с дефектами труб, коррозий и ошибками управления;
- природно-техногенные, связанные с взаимодействием магистральных трубопроводов с грунтами основания, при неблагоприятных грунтовых условиях.

Факторы проявления природно-техногенных рисков относительно магистральных трубопроводов можно подразделить на проявление инженер-

но-геологических процессов, наличие недостоверной информации при проведении инженерно-геологических изысканий и т.д.;

б) по сфере воздействия факторы проявления рисков на магистральные трубопроводы, в большинстве случаев, можно отнести к экологическим, однако, при их рассмотрении надо учитывать особенности конкретной территории (наличие рек, источников водоснабжения, железных дорог), способных перевести их в категорию социальных;

в) по видам опасности: факторы рисков на магистральные трубопроводы дифференцируются как химические, пожароопасные, термические.

Сами риски могут быть классифицированы:

а) по масштабу проявления: риски на магистральных трубопроводах, их можно дифференцировать на локальные, региональные и, в некоторых случаях, национальные;

б) по характеру воздействия на трубопроводы: риски могут быть одноразовыми и многократными;

в) при оценке риска на объектах транспортировки нефти и газа критерий предотвращения (предотвращаемый, непредотвращаемый) является одним из главных при обеспечении безопасности магистральных трубопроводов, однако, их большая протяженность и наличие разнообразных причин аварийности как природного, так и техногенного характера, а также изменчивости геологической среды приводит к тому, что оценку по этому критерию требуется проводить по каждому источнику воздействия на магистральный трубопровод;

г) по форме проявления при транспортировке нефти и газа: риски могут быть как прямыми, так и косвенными. Проводить классификацию рисков можно и по другим критериям (характер воздействия, вероятность и т.д.).

При оценке мероприятий по снижению влияния риска их можно подразделить на: необоснованные, которые заключаются в принятии решения, когда вероятность наступления риска велика и это решение может повлечь за собой негативные последствия и обоснованные, когда вероятность риска минимальная и, следовательно, отрицательные последствия не могут наступить во время эксплуатации объектов транспортировки нефти и газа.

Таким образом, подход к оценке риска применительно к магистральным трубопроводам определяется целями исследования, необходимо при этом учитывать, что универсального подхода к оценке риска не существует. Однако имеющийся опыт показывает, что наиболее приемлемыми с позиции геоэкологии для оценки загрязнения окружающей среды и возможных последствий в случае аварии являются эколого-геохимический и дендрологический подходы.

Проведенная классификация рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов позволяет выявить основные риски для их функционирования и для сохранности прилегающих к ним природных комплексов.

нетит $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и обычная красно – коричневая ржавчина $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, расположенная непосредственно на границе с электролитом. Ржавчина занимает в 2–3 раза больший объем, чем корродировавшая сталь, и отличается рыхлостью. Так как доступ кислорода к более глубоким слоям оболочки затруднен, в них образуются оксиды железа высшей валентности.

Электрохимическая коррозия возникает также и при повреждении на отдельных участках оксидной или другой защитной пленки, в этом случае оксидная пленка служит катодом, на котором под действием кислорода образуются ионы гидроксила, а оголенная поверхность металла становится анодом.

Локальными коррозионными элементами могут быть примеси на однородной поверхности. Любое загрязнение, например, чужеродный металл, осаждающийся на поверхности металлической конструкции, вызывает появление электродного потенциала и служит причиной начала коррозии.

Наиболее опасными, вызывающими точечную коррозию, являются процессы неравномерной аэрации, сопровождающие неодинаковую скорость доставки кислорода к различным участкам конструкции. Участки, плохо снабжающиеся кислородом, становятся анодами и разрушаются.

Изложенное позволяет сделать следующие выводы:

– при взаимодействии металлических конструкций с кислородом образуется пористая, плохо связанная с поверхностью конструкции оксидная пленка;

– при контакте с газообразной средой, содержащей кислород, диоксид углерода или водяные пары, окисление металла;

– при окислении стальной арматуры содержание углерода в поврежденном слое конструкции уменьшается, что приводит к обезуглероживанию;

– в результате электрохимической коррозии происходит образование анодных и катодных участков. Анодные участки постепенно разрушаются за счет перехода ионов металла в раствор, на катодных участках происходит образование рыхлых слоев ржавчины.

Таким образом, наиболее типичным разрушением, которое может происходить при коррозии арматуры, является постепенное уменьшение ее рабочего сечения за счет перехода наружных слоев металла в продукты коррозии.

Л.А. ПОЛЯКОВА, А.Г. ПОЛЯКОВ

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

Под понятием коррозии металлов подразумевается процесс постепенного разрушения их поверхности в результате химического или электрохимического взаимодействия металла с окружающей средой.

Химическая коррозия встречается при соприкосновении металлоконструкций с кислородом или другими окисляющими газами (хлор, сернистый газ).

Интенсивность коррозии зависит от состава и концентрации газов в воздушной среде, температуры. При нагревании металлических конструкций в результате контакта их с газообразной средой, содержащей кислород, диоксид углерода или водяные пары, происходит постепенное обезуглероживание стали. Вследствие этого сталь приобретает свойство текучести, металлическая конструкция может деформироваться, а затем разрушиться.

Чисто химическое взаимодействие металлов со средой встречается гораздо реже, чем электрохимическое. При контакте с воздухом на поверхности конструкции появляется тонкая пленка влаги, в которой растворяются примеси, находящиеся в воздухе, например, диоксид углерода (CO_2). При этом образуются растворы электролитов, вызывающие электрохимическую реакцию.

Электрохимическая коррозия обусловлена неоднородностью металла или окружающей среды и предполагает наличие электрического тока, который возникает в процессе коррозии. В результате определенные участки металла становятся электродами. Прохождение тока сопровождается растворением электрода с более электроотрицательным потенциалом – анода. На анодных участках в раствор переходят ионы металла.

На катодных участках поверхности металла происходит восстановление молекулярного кислорода и образование гидроксид – иона (OH^-). Такому виду разрушения металлы подвергаются при коррозии в воде (или при эксплуатации в условиях повышенной влажности), атмосфере, почве. Коррозия стали в бетоне также идет с кислородной деполяризацией.

При длительной эксплуатации конструкции во влажной или водной среде на ее поверхности образуется несколько слоев ржавчины. Самый глубокий – оксид типа FeO , затем магнетит – Fe_3O_4 , гидратированный маг-

М.И. НИКИТЕНКО, И.Л. БОЙКО

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В геотехнической практике Беларуси совершенствуются традиционные и интенсивно внедряются новые геотехнические технологии применительно к разнообразным грунтовым условиям с особенностями напластований и их свойств на застраиваемых территориях. Применение новых технологий обеспечивает больший эффект в сравнении с традиционными при решении ответственных задач в сложных инженерно-геологических условиях на многих объектах, в том числе при сохранении исторических и культурных памятников.

При устройстве фундаментов мелкого заложения отдается предпочтение распорным монолитным конструкциям за счет устройства в траншеях и выштампованных котлованах. Оправдали себя решения с заменой слабого поверхностного слоя грунта песчаным с его уплотнением и устройством ленточных фундаментов таврового сечения. Отмечается несовершенство сборных ленточных фундаментов, особенно прерывистых, за счет эффекта клавишности.

При возросших объемах застройки многоэтажных зданий с увеличением нагрузок на фундаменты и грунты в их основании при возведении объектов в стесненных габаритах городской застройки все чаще используют свайно-плитные фундаменты.

Отмечаются недочеты массового использования забивных свай за счет ограниченной несущей способности по грунту, проявления негативного трения вдоль стволов, вредных динамических воздействий на смежные объекты и невозможность забивки на проектные отметки, которые устраняются в Беларуси благодаря разработке ряда национальных нормативных документов с применения новых конструкций и технологий устройства свай.

Отмечаются преимущества пирамидальных забивных и конических буро- и вибробабивных свай при их рациональном взаимодействии с грунтовым основанием и наиболее высокими экономическими показателями. Важное значение имеет вытеснение в стороны и уплотнение грунта при выполнении буроинъекционных, буропрессионных и набивных свай в выштампованных скважинах.

Равнопрочность свай и оснований, опрессовка грунта в забое под уширенными пятнами и распорный эффект при клинообразной форме позволяют уменьшить длины стволов и границы сжатия. Конусность стволов исключает негативное трение, причем верхняя насыпная толща между сваями уплотняется и воспринимает часть нагрузки за счет распора. Это весьма важно при наличии погребенных слабых грунтов.

Довольно совершенную струйную технологию стали применять после закупки специального импортного оборудования вначале при выполнении свай диаметром 80 см на глубину до 25 м для концевой опоры горнолыжной трассы в Силичах, а затем при решении многих важных геотехнических задач на объектах Минска и иных городов.

При геотехнических реконструкциях все чаще применяется армирование грунта горизонтальными, вертикальными и наклонными армирующими элементами, в том числе в виде свай.

Обилие перечисленных геотехнических технологий в строительной практике Беларуси диктуется многообразием инженерно-геологических и гидрогеологических условий при возведении и реконструкции самых различных объектов. Успешному использованию этих технологий и повышению их эффективности благоприятствуют разработанные в Беларуси национальные нормативные документы, которые обобщают отечественный и зарубежный производственный опыт и выполненные за последние годы исследования, в том числе при участии и под научным руководством одного из авторов.

Совершенствование традиционных конструкций фундаментов и геотехнических технологий, применение новых разработок, а также их сочетание способствуют повышению эффективности и интенсификации работ нулевого цикла. Появление в арсенале белорусских строителей современных прогрессивных технологий и базирующихся на них конструкций фундаментов расширяют диапазон решаемых ответственных геотехнических и экологических задач в самых разнообразных геологических и гидрогеологических условиях.

Проведены исследования по разработке составов и технологии производства фосфогипсовых стеновых материалов безобжиговым способом. В качестве исходного сырья использовали фосфогипс-дигидрат Гомельского химического завода. Процесс нейтрализации фосфогипса осуществлялся без предварительной отмывки. Наиболее эффективной нейтрализующей добавкой является гашеная известь, которая связывает примеси фосфогипса в труднорастворимые соединения. В сырьевую смесь вводили неорганические и органические добавки повышающие водостойкость и улучшающие свойства фосфогипсового композиционного материала. При этом в смесь вводили минимальное количество добавок, позволяющих улучшить свойства готового материала без существенного повышения его стоимости. Сырьевая смесь с низким водосодержанием подвергалась механоактивации в дисковых или цилиндрических истирающих устройствах. В процессе механоактивации происходит разрушение крупных дефектных кристаллических агрегатов фосфогипса и перераспределение добавок по всему объему. Получение на основе фосфогипса-дигидрата твердеющих композиций с высокими прочностными показателями затруднительно. Поэтому основная задача исследований состояла в получении твердеющих фосфогипсовых композиций, имеющих прочность достаточную для получения мелкоштучных стеновых изделий, пригодных для малоэтажного строительства. Содержание фосфогипса в сырьевой смеси составляло 77–83 %. Исследования показали, что введение органических добавок более 0,2 % может приводить к замедлению роста прочности в начальные сроки твердения. В опытах использовали, в основном, недефицитные добавки, которыми располагает строительный рынок. Формование изделий осуществляли путем кратковременной вибрации (5–10 с). Полученные образцы имеют среднюю плотность 1463–1721 кг/м³ и предел прочности при сжатии 2,5–4,0 МПа. Для повышения прочности при сжатии изделий может применяться фильтрационный способ прессования. В процессе производства исключаются такие энергоемкие и дорогостоящие процессы как обжиг и сушка. Благодаря использованию оптимального количества добавок, гомогенизации и механоактивации смеси, из экономичных составов получены достаточно прочные изделия, которые, в тоже время, имеют невысокую стоимость и способны конкурировать с аналогичной продукцией. Для уменьшения усадочных деформаций изделий и снижения себестоимости продукции в сырьевую смесь может вводиться заполнитель. Для повышения ударной прочности может вводиться волокнистый наполнитель. На основе фосфогипсовых композиций предлагается изготавливать мелкоштучные стеновые изделия (камни, блоки). Фосфогипсовые стеновые изделия отвечают требованиям СТБ 1008-95 «Камни бетонные стеновые. Общие технические условия» и рекомендуются для устройства наружных и внутренних ограждающих конструкций, преимущественно в малоэтажном строительстве.

В.Г. ПОВИДАЙКО

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Использование фосфогипсовых отходов в производстве строительных материалов предусматривает, как правило, предварительную отмывку и нейтрализацию отходов. Это требует введения дополнительных технологических операций и использования дополнительного дорогостоящего технологического оборудования, что приводит к удорожанию готовой продукции по сравнению с материалами, получаемыми из природного гипсового сырья. Кроме того, требуется нести дополнительные затраты на очистку технологической воды, применяемой для отмывки фосфогипса.

Удорожание технологического процесса при использовании фосфогипсовых отходов затрудняет их возможность конкурировать с материалами, получаемыми из природного гипсового сырья, вследствие чего переработка фосфогипсовых отходов сдерживается. Наиболее перспективными способами переработки фосфогипсовых отходов являются те, в которых достигается полная нейтрализация отходов без отмывки, путем связывания вредных примесей в труднорастворимые соединения.

Переработка отходов должна включать энергосберегающие и малооперационные технологические процессы, в которых частично или полностью исключаются такие трудоемкие и энергоемкие операции как отмывка, обжиг и помол. Кроме того, переработка отходов может быть выгодной в тех регионах, где отсутствуют запасы природного сырья. При переработке отходов непосредственно на предприятии, вырабатывающем их, можно достичь значительного экономического эффекта за счет снижения транспортных затрат. При этом, можно значительно снизить затраты на удаление, складирование отходов и устройство защитных экранов. Одновременно будут решаться важнейшие экологические проблемы по предотвращению загрязнения окружающей среды вредными примесями фосфогипсовых отходов (остатков ортофосфорной кислоты и соединений фтора) и исключению возможности их попадания в почву, грунтовые воды и в воздушную среду.

Перспективным с точки зрения переработки фосфогипсовых отходов является Гомельский химический завод, в отвалах которого скопилось более 14 млн т. фосфогипса и запасы его постоянно пополняются. Переработка отходов будет способствовать решению экологических и экономических проблем предприятия и региона в целом, а также будет способствовать насыщению белорусского строительного рынка недорогой отечественной продукцией и увеличению объемов малоэтажного строительства.

М.И. НИКИТЕНКО, Н.В. ЧЕРНОШЕЙ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОАО «Буровая компания «Дельта»

Минск, Гомель, Беларусь

ОАО «Буровая компания «Дельта» свою производственную деятельность ориентирует на освоение и внедрение в геотехническую практику наиболее передовых технологий фундаментостроения, что обеспечивает более высокий уровень отечественной строительной отрасли. Основной упор делается на повышение производительности труда в осуществлении работ нулевого цикла, снижение материалоемкости и повышение эксплуатационной надежности выполняемых фундаментных конструкций в конкретных геологических и гидрогеологических условиях застраиваемых объектов. Успеху способствует наличие у компании высокопроизводительных механизмов с требуемой оснасткой за счет закупки у наиболее развитых зарубежных фирм. При необходимости, производится их оперативная модернизация при наличии собственной производственной базы. Важная роль принадлежит научному сопровождению со стороны ученых кафедр «Геотехники и экологии в строительстве» БНТУ с их богатым научным потенциалом, что позволяет оперативно совершенствовать конструктивно-технологические решения, исходя из большого многообразия грунтовых условий, порой весьма неблагоприятных.

1. Сооружение «стен в грунте» по технологии C.S.P. с использованием буровой установки с двумя вращателями. Система C.S.P. (Cased Secant Piles – Секущие сваи с обсадной трубой) представляет собой сочетание двух технологий сооружения буронабивных свай – применение непрерывного шнека с использованием обсадных труб, что позволяет сооружать фундаменты без бентонитного раствора в любых грунтах, включая обводненные. Для технологии C.S.P. разработаны специальные буровые установки, оснащенные двумя вращателями. Конструктивной особенностью оборудования является установка непрерывного шнека внутри обсадной трубы.

Дается описание технологической последовательности изготовления свай по данной технологии и применяемого оборудования. Технология C.S.P. позволяет сооружать буросекущие сваи диаметрами 660 мм, 820 мм, 1020 мм с их глубиной до 21,5 м с гарантированным отклонением от вертикали менее 1,0–1,5 %.

2. Буровые сваи, изготавливаемые без выемки грунта.

Немецкая фирма «Вауег» разработала комплект оборудования для раскатки и бетонирования скважин в слабых водонасыщенных грунтах. При этом технология изготовления свай вытеснения системы «Бауэр» включает выполнение скважины для сваи без извлечения грунта за счет его вытеснения в стороны с уплотненным рабочим органом в виде конуса с винтовой лопастью, закрепленного на конце буровой трубы.

Итальянская фирма Soilmes изготовила для ОАО «Буровая компания «Дельта» комплект оборудования, который включает раскатчики диаметром 450 мм, 650 мм, 800 мм, ауригеры и дополнительно на буровой машине SR – 65 лебедку для задавливания.

3. Устройство буронабивных свай с применением непрерывного полого шнека. Для устройства сваи в грунт на определенную глубину ввинчивается непрерывный проходной полый шнек с пробкой на конце, которая препятствует проникновению грунта внутрь полого шнека в процессе бурения. При достижении проектной отметки скважины, в нее через полый шнек, подается некоторое количество бетонной смеси или цементного раствора для скопления на лопастях шнека. Затем, по мере извлечения шнека, производится дальнейшее одновременное нагнетание в скважину бетонной смеси или цементного раствора. С помощью бортового компьютера обеспечивается контроль целостности ствола и несущей способности свай. Благодаря использованию указанного оборудования, возможно устройство свай CFA диаметром от 0,3 до 1,0 м, при их длинах до 24 м.

4. Контроль качества изготовления свай. Методы автоматического контроля качества базируются на измерении объема и давления закачки цементного раствора (или бетонной смеси). Стандартные автоматизированные системы позволяют измерять следующие параметры:

- 1) время, глубину и развиваемое в гидросистеме давление во время бурения;
- 2) время, глубину, объем и давление закачки цементного раствора (или бетонной смеси) во время подачи в скважину.

В процессе выполнения работ по устройству свай на экраны мониторов выводятся различные графики, отражающие состояние технологического процесса в режиме реального времени (это позволяет в случае необходимости оперативно вносить корректирующие изменения). Сведения, получаемые в электронном виде, могут также храниться для дальнейшего использования, обработки и интерпретации.

В Республике Беларусь существует нормативная база, достаточная для проектирования и применения буровых свай, выполняемых посредством вышеуказанных технологий, обеспечивающих опрессовку окружающего грунта за счет его вытеснения в стороны при раскатке или при закачке бетона под давлением (Пособия П 19-04 и П 18-04 к СНБ 5.01.01-99).

Также образующиеся при декарбонизации оксиды, оказывают влияние и на цветовые характеристики конечных изделий.

Характер изменения, протекающих в материале процессов контролировался при помощи рентгенофазового анализа (РФА), а также дифференциально-термическим анализом (ДТА) с расчетом энергий активации процессов. В качестве объектов исследования были выбраны легкоплавкие глины 3-х месторождений, используемых на керамических предприятиях Республики Беларусь – «Щебрин», «Осетки», «Гайдуковка». В табл.1. представлены химические составы указанных глин.

Табл. 1. Химический состав исследуемых глин

Наименование глин	Содержание, мас. %:								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	п.п.п.
Щебрин	55,58	13,31	5,94	0,85	2,28	2,29	7,82	0,66	11,24
Осетки	50,24	18,02	7,6	0,78	3,14	3,0	6,16	0,21	10,8
Гайдуковка	56,70	12,28	4,13	0,46	3,05	2,78	8,59	0,55	11,46

На указанных глинах проводили исследования влияния среды обжига на протекающие при синтезе процессы и свойства опытных образцов. Для этого образцы, полученные пластическим формованием и высушенные до постоянного объема, обжигались в угольной засыпке в интервале температур 900–1050 °С и выдержке при максимальной температуре 1 ч.

Аналогично синтезированы образцы без засыпки. На обожженных образцах определены физико-химические свойства, изучен их фазовый состав.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что образцы, обожженные в угольной засыпке, характеризуются более плотной структурой. Их механическая прочность при изгибе возрастает на 12–16 %, а водопоглощение снижается на 7–12 % в зависимости от вида глинистой составляющей.

Образующиеся в результате реакций геленит, анортит, волластонит увеличивают механическую прочность, морозостойкость и другие эксплуатационные свойства керамических изделий.

Таким образом, установлено положительное влияние восстановительной среды на процессы, протекающие при обжиге, а также свойства получаемых керамических изделий.

И.В. ПИЩ, Ю.А. КЛИМОШ, Р.Ю. ПОПОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время при производстве керамического кирпича широко используются отходы промышленных предприятий: отходы камнедробления, шлаки, стеклобой и др. В зависимости от их химического состава изменяются процессы, протекающие при обжиге и свойства керамического материала.

При получении керамики строительного назначения преимущественно используются легкоплавкие полиминеральные глины, химический состав которых может включать различные примесные соединения как органического (например, растительные остатки), так и неорганического происхождения (кремнеземистые, железистые и карбонатные примеси).

Они оказывают влияние на протекающие при термообработке процессы и на качество получаемого керамического материала.

Как известно, режим обжига керамических материалов лимитируется качеством сырья, в том числе наличием примесных включений. Например, в низкотемпературной области обжига (до 500 °С), наряду с удалением влаги, происходит выгорание органической составляющей сырьевых материалов, что сопровождается значительными объемными изменениями полуфабриката изделий и отражается на условиях обжига. При увеличении температуры наблюдаются полиморфные превращения кварца и разложение карбонатов, содержащихся в глине.

Поскольку используемые глины характеризуются сложным химическим и минеральным составом, процессы, указанные выше, протекают по-разному. Гранулометрический состав исходных материалов также оказывает влияние.

Актуальной проблемой при производстве керамического кирпича является снижение удельного расхода топлива и электроэнергии. Уменьшить эти показатели можно путем снижения температуры декарбонизации и дегидратации глинистых минералов за счет введения различных добавок, изменения среды обжига.

В результате декарбонизации и образования CaO и MgO происходят реакции с образованием легкоплавких эвтектик, интенсифицирующих процессы спекания керамических масс при более низких температурах.

М.И. НИКИТЕНКО, Н.В. ЧЕРНОШЕЙ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ОАО «Буровая компания «Дельта»
Минск, Гомель, Беларусь

Наиболее достоверные данные о несущей способности свай дают их статические испытания в конкретных инженерно-геологических условиях, которые и предусматриваются действующими нормами с целью принятия обоснованных и экономичных решений нулевого цикла. Получаемые при испытаниях результаты, позволяют, в случае необходимости, корректировать принятые исходные расчетные предпосылки при разработке проектов.

Испытательные нагрузки на забивные сваи наиболее употребляемых поперечных сечений 30х30 см не превышают 1000 кН. Обычно их создают при помощи домкратов, располагаемых под анкеруемыми упорными конструкциями. При балочной схеме испытаний, для закрепления таких конструкций чаще всего используют смежные выдергиваемые сваи, винтовые или буроинъекционные анкеры, которые должны располагаться на удалении от испытываемой сваи для исключения взаимного влияния. При больших пролетах упорные балки должны иметь увеличенные поперечные сечения. Все это усложняет и удороживает испытательную систему.

Во многих случаях прибегают к использованию грузовых платформ, что требует использования большого количества грузов в виде бетонных блоков или плит. Эта схема сопряжена с влиянием пригрузки грунта на поверхность вокруг свай и влечет к завышению получаемых результатов.

При испытании свай повышенной несущей способности, традиционные схемы создают серьезные проблемы с передачей на сваи требуемых вдавливающих усилий. Действующий стандарт на испытания свай требует доведения нагрузок до получения осадок свай не менее 40 мм, что, до последнего времени, в большинстве случаев не соблюдалось, поэтому испытания свай не давали объективной информации о фактической несущей способности их оснований, это способствовало перерасходу материальных и трудовых ресурсов, хотя не всегда обеспечивалась требуемая степень эксплуатационной надежности свайных фундаментов.

Упростить испытания свай повышенной несущей способности позволяет предложенная авторами схема при использовании двух коаксиально размещенных в теле свай труб, что дает возможность передавать внутренней трубой вдавливающее усилие на грунт через пята, а сдвигающее вдоль

ствола замоноличенной или завинченной наружной. В этом случае требуется меньшая мощность домкрата, без использования мощной упорной системы или грузовой платформы.

Чтобы сократить сроки проведения контрольных испытаний свай, обусловленные процессом набора прочности бетоном, до их массового изготовления на объекте предлагается испытывать стальные трубы, из которых наружная обсадная выполняет роль ствола, а внутренняя с заглушенным нижним торцом – пяты сваи. При этом наружная труба, для повышения удерживающей способности, может оснащаться внешними винтообразными лопастями. Такой опыт уже накоплен.

Для испытания свай повышенной несущей способности на вдавливание усилием до 5000 кН ОАО «Буровая компания «Дельта» изготовила специальный стенд, включающий перекрестную балочную систему для упора загрузочных гидродомкратов и ее удерживающие винтовые анкеры.

По данной технологии, с применением указанного оборудования, выполнены и испытаны опытные сваи на площадке для возведения в Минске здания штаб-квартиры Национального олимпийского комитета Республики Беларусь. В связи с изменчивостью характера напластований и свойств грунтов, опытные сваи имели переменные длины (7,5; 8,5 и 9,5 м) и диаметры стволов (0,7 и 0,9 м). В грунтовых условиях площадки, вдавливающие нагрузки на сваи доводились от 1800 кН до 3000 кН, при этом значения несущих способностей отличались и составили согласно требований СНБ 5.01.01-99, при осадках 24 мм от 1606 кН до 2844 кН.

Графики зависимостей осадок свай от вдавливающих усилий предлагается обрабатывать в относительных величинах, что позволяет, с достаточной степенью достоверности, прогнозировать несущие способности оснований свай посредством нелинейной экстраполяции: в случае достижения при испытании свай ограниченных значений нагрузок и соответствующих им осадок менее предельно допустимых, согласно требованиям ГОСТ 56-86-94 и СНБ 5.01.01-99.

Заключение. Предложенные схемы позволяют испытывать сваи повышенной несущей способности оснований, в том числе с включением в работу несущих ростверков или фундаментных плит. Помимо балочной системы могут использоваться безбалочные, которые позволяют раздельно устанавливать доли сопротивлений грунта сдвигу вдоль стволов и сжатию под пятами свай, или ростверками и плитами.

ном состоянии структура способна усваивать большее количество красящих ионов, чем в кристаллическом. В процессе последующего обжига кристаллическая структура волластонита восстанавливается.

Пигменты получали следующим образом: природный волластонит смешивали с водорастворимыми солями переходных 3d-элементов в количестве 5–20 % (в пересчете на оксид), затем в смесь добавляли 10 мл концентрированной соляной кислоты.

Образующийся гель высушивали и обжигали при температуре 1000 °С, 1100 °С, 1200 °С. В результате термообработки получены пигменты различных оттенков зеленого, синего, коричневого, салатного цвета. Установлено, что оптимальной температурой синтеза следует считать 1100 °С, при которой пигменты проявляют максимально яркий цвет.

Сравнение окраски пигментов, прошедших стадию гелеобразования и не подвергшихся ей, позволяет сделать вывод о том, что, в первом случае, пигменты обладают лучшими хромоформными свойствами.

В результате рентгенофазового анализа установлено, что структура волластонита в пигментах образуется уже при температуре 1000 °С. Согласно результатам рентгенофазового анализа выявлено, что процесс гелеобразования способствует повышению количества волластонита, что выражается в увеличении интенсивности его основных дифракционных максимумов. На рентгенограммах также фиксируются оксиды CoO, Fe₂O₃, Cr₂O₃, NiO по мере увеличения ионов-хромофоров в составах.

В ходе спектрофотометрического анализа были определены: длина волны и чистота тона пигментов (табл. 1).

Табл. 1. Координаты цветности пигментов

№ пигмента	Координаты цветности		Длина волны, нм	Чистота тона, %
	X	Y		
1В	0,23	0,22	474	19
3В	0,22	0,24	478	25
6В	0,38	0,39	576	40
10В	0,34	0,42	559	41
12В	0,36	0,42	565	50

Таким образом, использование геля-метода для получения керамических пигментов оправдано и перспективно, поскольку дает ряд преимуществ. При обработке тонкомолотого минерала растворами окрашивающих солей (без стадии гелеобразования) происходит лишь адсорбция ионов-хромофоров на поверхности частиц твердого вещества.

Синтезированные пигменты могут быть рекомендованы для окрашивания нефритованных глазурей.

И.В. ПИЩ, Н.А. ГВОЗДЕВА, Ю.А. КОРИЗНА

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время перспективное направление исследований – изучение возможности получения керамических пигментов с использованием природного сырья. Структуры многих пигментов, которые традиционно синтезируют из чистых оксидов и солей различных элементов, могут быть получены из химически чистого природного сырья, например, волластонита, диопсида. Но недостатком структур природных минералов является их ограниченная способность вмещать окрашивающие ионы. Для повышения «ионной емкости» природных минералов существует ряд способов, среди которых и гель-метод.

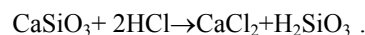
К преимуществам гель-метода относятся:

- химическая однородность многокомпонентных систем (на молекулярном уровне), высокая поверхностная энергия гелей и порошков, что способствует снижению температуры спекания;
- возможность получения продуктов высокой чистоты, однородности и осуществления непосредственного перехода из аморфного состояния в кристаллическое без введения минерализующих добавок.

В настоящее время гель-технология является одним из наиболее интенсивно развивающихся и перспективных методов получения материалов.

Авторами получены керамические пигменты на основе волластонита по гель-технологии с использованием растворимых солей переходных 3d-элементов ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) с последующей термообработкой, изучены влияния температурно-временных факторов на структуру синтезированных пигментов и их цветовые характеристики.

Использование гель-метода основано на способности природного минерала волластонита образовывать аморфную структуру под действием соляной кислоты. При добавлении соляной кислоты к волластониту происходит процесс гелеобразования, т.к. появляется кремниевая кислота и хлорид кальция:



На данной стадии происходит диспергирование шихты и усреднение компонентов на молекулярном уровне. Предполагается, что в гелеобраз-

Э.В. ОВЧИННИКОВ, А.А. КУЛАК

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Государственное предприятие
«Институт НИПТИС им. С.С. Атаева»
Минск, Беларусь

Анализ статистических материалов, по структуре жилого фонда Республики Беларусь, дает основание отметить, что жилые здания массовой застройки 50–60 годов XX века составляют значительную часть этого фонда. За длительный срок эксплуатации они перетерпели значительный моральный износ, что не позволяет рассматривать их с позиций соответствия современным требованиям потребительских качеств жилья. Устранить моральный износ, обеспечив современные стандарты, позволяет комплексная реконструкция жилых зданий. Это направление строительной деятельности возникло сравнительно недавно, но уже сформировалось как одно из продуктивных в решении социально-экономических проблем. Необходимо отметить, что реконструкция будучи перспективной составляющей строительного комплекса, имеет существенные отличия от нового строительства.

Авторами рассматриваются отдельные аспекты реконструкции жилых зданий и некоторые прогрессивные технологии из практики ее выполнения.

Инновационное развитие строительства потребовало новых материалов и конструкций, средств механизации и прогрессивных технологий. Все они ориентированы для использования на объектах строительства, которые возводятся по архитектурно-строительным проектам нового поколения. Применение этих инноваций при реконструкции зданий и, особенно, массовой застройки весьма проблематично.

Анализ строительной деятельности, в условиях реконструкции зданий, свидетельствует, что применение прогрессивных технологий, используемых в новом строительстве, затруднено, в силу объективных причин. Отметим лишь некоторые, в наибольшей степени влияющие на результативность выполнения реконструкции. Прежде всего – это стесненность рабочего пространства, где выполняются технологические и трудовые процессы. Отмечается большое разнообразие и индивидуальность конструктивных решений, требующихся для достижения целей реконструкции. Весьма часто необходимо осуществлять реконструкцию без прекращения эксплуатации объекта и примыкающих территорий. Имеется еще ряд фак-

торов, которые наряду с отмеченными, препятствуют или вообще исключают возможности применения как традиционных, так и инновационных материалов, средств механизации, технологий производственных процессов, реализуемых в новом строительстве. Например, современные материалы и оборудование для гидроизоляции строительных конструкций рассчитаны на использование, при значительных объемах и интенсивности выполнения, что крайне редко можно обеспечить при реконструкции, учитывая изложенное выше. Сюда следует добавить, что в стесненных условиях выполнения работ и, особенно, совмещаемых с эксплуатацией объекта, крайне затруднительно обеспечить соблюдение экологических и других требований безопасности строительной деятельности. Таких препятствий в новом строительстве нет.

Накопленный опыт предприятий, осуществляющих реконструкцию и капитальный ремонт зданий в городах Беларуси, свидетельствует о реальной возможности успешно адаптировать прогрессивные решения, заимствованные из нового строительства. Отметим лишь несколько примеров. Весьма эффективно устройство гидроизоляции подземной части зданий композитными пластичными составами на основе новых материалов и традиционных, но модифицированных (битум-полимерные композиции, составы «Кальматрон» и др.). Продуктивно восстановление и устройство горизонтальной гидроизоляции методами инъектирования моно- и дикрас-творов с последующей электро-термообработкой (ТЭНы или плоские электроды). Отмеченные и ряд других технологий, с коррекцией на конкретные условия и малообъемность работ, используются белорусскими предприятиями, работающими на рынке ремонтно-строительных услуг. В числе прогрессивных технологических решений можно отметить использование армирующего эффекта тканей на основе неорганических волокон, а также армирование гидроизоляционного слоя фиброй из таких же волокон или полимерных.

Прогрессивные технологии гидроизоляционных работ, в той или иной степени полноты и результативности, реализовывали: ОАО «Минскремстрой», ОАО «Гродноремстройсервис», ООО «Оресасервисстрой» и другие предприятия аналогичного профиля.

Приходится констатировать недостаток информации доступной для широкого пользователя, как в силу конкурентной составляющей рыночных форм деятельности, так и по другим причинам.

В заключение, следует отметить целесообразность проведения всестороннего мониторинга реконструкции зданий и, прежде всего, относящихся к массовой застройке периода 50–60 годов прошлого века. Соблюдая принципы корректности в отношении исполнителей реконструкции, заинтересованных в сохранении «ноу-хау», представляется возможным получить достоверную информацию о результативности использования тех или иных прогрессивных технологий.

50 % воды, примерно 40 % карбоната кальция и 10 % прочих составляющих (калий, азотистые вещества, органические соединения).

Свекловичный жом представляет собой обессахаренную стружку и вырабатывается на заводах в виде сырого жома с содержанием сухих веществ 6,5–7,5 %, отжатого жома с содержанием сухих веществ 24–32 %, сухого (гранулированного) жома с содержанием сухих веществ 89–90 %.

Количество добавок в массах составляло от 2,5 до 12,5 %. Синтез материалов осуществлялся методом пластического формования при влажности массы 17–19 % по классической керамической технологии, с последующей сушкой при температуре 100 °С и обжигом в лабораторной муфельной печи при температурах 950, 1000 и 1050 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Оценка качества полученных образцов позволила установить существенное влияние отходов на основные эксплуатационные характеристики керамических материалов. При этом свекловичный жом, имеющий высокие потери при прокаливании вследствие значительного содержания органической составляющей, оказывает порообразующее действие аналогично опилкам.

Свойства образцов оптимальных составов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Сравнительная характеристика свойств образцов

Наименование показателя	Значение показателя для образцов	
	с использованием опилок*	с использованием свекловичного жома
Средняя плотность, кг/м ³	876–925	1000
Водопоглощение, %	не регламентировано	27,3
Открытая пористость, %	–/–	52
Механическая прочность при сжатии, МПа	не менее 5,0 (марка М50)	5,5
Морозостойкость, цикл	не менее 15	40
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	не более 0,26	0,25
Эффективная удельная активность радионуклидов ⁴⁰ K, ²²⁶ Ra и ²³² Th, Бк/кг	не более 370	72

*в соответствии с СТБ 1719–2007

На основании результатов проведенных исследований установлена возможность использования отходов сахарного производства для получения керамических материалов с комплексом физико-химических свойств, соответствующих СТБ 1719–2007 «Блоки керамические поризованные пустотелые. Технические условия».

И.В. ПИЩ, В.А. БИРЮК, А.В. БРЫЗГАЛОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Основное направление развития современного строительства – это использование эффективных материалов и изделий, позволяющих снизить материалоемкость в производстве и строительстве, а также создание экономичных облегченных конструкций для жилищного строительства.

Одними из таких материалов являются поризованные керамические изделия, которые характеризуются низкой плотностью и теплопроводностью, обладают хорошими теплоизоляционными свойствами, смягчая перепады температур и создавая в помещении комфортный микроклимат.

Выпуск поризованных пустотелых керамических блоков и камней организован на ОАО «Радошковичский керамический завод» и ОАО «Минский завод строительных материалов», где в качестве выгорающей и поробразующей добавки применяют древесные опилки.

Вместе с тем, ввиду острой экономии топливно-энергетических ресурсов и широкого использования в качестве альтернативного вида топлива отходов деревообрабатывающих производств, перед кирпичными предприятиями может возникнуть острая проблема с поиском древесных опилок.

Это явилось целью исследования возможности использования отходов сахарного производства в качестве добавки в производстве поризованного керамического кирпича.

В качестве объектов исследования были выбраны составы масс на основе белорусских легкоплавких глин двух месторождений, имеющих промышленное значение – «Гайдуковка» и «Лукомль».

Среди отходов, образующихся при производстве сахара, для промышленности строительных материалов наибольший интерес могут представлять фильтрационный осадок (так называемый дефека́т), а также свекловичный жом, который является самым объемным отходом сахарного производства и требует значительных площадей для хранения в отвалах. При среднем выходе сахара 12–13 % свеклосахарное производство дает к массе переработанной свеклы 80–83 % свекловичного жома и 10–12 % фильтрационного осадка.

Фильтрационный осадок образуется при взаимодействии несахаров диффузионного сока с известью и диоксидом углерода, содержит около

И.Л. ОПАНАСЮК, Л.Г. ОПАНАСЮК, Е.Н. АМЕЛИН, К.В. ЦИГАНКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Восстановление эксплуатационных качеств железобетонных конструкций в практике строительства, в большинстве случаев, реализуется частичной передачей нагрузок на стальные элементы усиления.

Следует выделить сплошное усиление железобетонных конструкций колонн, балок, плит 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. В данном случае не существует конструктивных трудностей по передаче нагрузок от элементов усиления на железобетонные колонны.

Во втором случае, как правило, несущая способность колонн обеспечена, а усиливают опирающиеся на них железобетонные конструкции разрезных и неразрезных балок, конструкции стропильных балок и ферм и др. 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 надежную анкеровку.

Авторами разработаны технологические решения заводки в тело железобетонных колонн дополнительных стальных сегментов и стержней через прорези и отверстия в хомутах.

Такие решения позволяют производить анкеровку стальных элементов хомутов к железобетонным колоннам и другим конструкциям.

Приведенные способы анкеровки стальных хомутов к колоннам реализованы при восстановлении оголовков железобетонных колонн на складе клинкера ПРУП «Кричевцементношифер» после демонтажа стальных ферм пролетом 36 м, что позволило обеспечить несущую способность анкерных устройств для крепления вновь изготовленных и смонтированных стальных ферм, снизить расход стали по сравнению с существующими способами передачи нагрузок от усиленных элементов на железобетонные колонны через различного рода обоймы.

И.Л. ОПАНАСЮК, Л.Г. ОПАНАСЮК, С.В. ДАНИЛОВ

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

Надсилосные галереи представляют собой инженерные сооружения, состоящие из кирпичных стен расположенных на покрытиях железобетонных силосов диаметров 10 и 8 м, на которые опираются стальные стропильные двускатные фермы пролетом 12 м с покрытием из волнистых асбестоцементных листов по стальным прогонам. Высота от верха железобетонного покрытия силосов до низа стропильных ферм составляет 6,2 м. Кирпичные стены выполнены из керамического кирпича толщиной 250 мм с пилястрами, для опирания стальных ферм.

Надсилосные галереи предназначены для размещения в них технологического оборудования по регулированию пневмоподачи в силосы цемента, после помола клинкера на шаровых мельницах.

За время длительной эксплуатации строительных конструкций железобетонных силосов и надсилосных галерей их конструкции получили значительный физический и моральный износ, что повлияло на снижение их эксплуатационных качеств.

С целью снижения нагрузок на железобетонные покрытия силосов, а также восстановления эксплуатационных качеств конструкций надсилосных галерей, авторами выполнены варианты разработки конструктивных и организационно-технологических решений по их модернизации, в результате которых наиболее рациональным оказалось решение по разборке кирпичных стен с заменой их на стальные стойки и ограждения из профилированного настила.

Такой вариант модернизации предполагает также замену несущих конструкций кирпичных стен галерей без демонтажа их покрытия, а также устройства дополнительной скатной кровли над всеми железобетонными силосами из стального профилированного настила. Работа по модернизации предусматривает также замену кровли из волнистых асбестоцементных листов на стальной профилированный настил.

Принятое техническое решение позволяет сократить сроки выполнения работ в 1,5–1,6 раза по сравнению с традиционными методами замены стен и покрытий инженерных сооружений такого типа, снизить нагрузки на железобетонные силосы от конструкций галерей на 35–40 % и обеспечить требуемые эксплуатационные и технологические требования по эксплуатации модернизируемых конструкций.

Форма капель на поверхности позволяет визуально оценить гидрофобность материала, а чем больше значения рассчитанного угла (α), тем лучше гидрофобность поверхности и тем более эффективным является гидрофобизатор. При использовании оптимального состава гидрофобизатора краевой угол смачивания составлял 98–112°.

При исследовании водопоглощения покрытые гидрофобизатором и высушенные образцы помещали в воду на 48 часов. Определяли массу образцов до водонасыщения и после выдержки в воде. В качестве исходных образцов использовали керамический кирпич, выпускаемый на ОАО «Керамика» (г. Витебск) и ОАО «Керамин» (г. Минск).

На образцах, покрытых гидрофобизатором, сферическая форма капли воды на поверхности при комнатной температуре полностью сохраняется, пятно от впитывания отсутствует. Сравнительное изучение поверхности керамического кирпича позволило сделать вывод, что сушка при комнатной температуре в наибольшей степени обеспечивает кольматацию пор и равномерную структуру. При температуре сушки 100–150 °С происходят структурные изменения гидрофобизатора, ослабление связей в органических составляющих, что отрицательно влияет на водоотталкивание.

Установлено, что водопоглощение образцов, полученных на основе глины месторождения «Осетки» (ОАО «Керамика»), ниже по сравнению с водопоглощением образцов на основе глины месторождения «Гайдуковка» (ОАО «Керамин»). Это объясняется большей степенью дисперсности глины «Осетки» и меньшим содержанием в ней (на 5–9 %) свободного кварца.

Водопоглощение образцов также зависит от времени насыщения. Так, водопоглощение образцов, непокрытых гидрофобизатором, в течение 48 часов практически не изменяется и составляет 12 %. Гидрофобизированные образцы достигают аналогичных значений лишь через 5–7 часов. Если полностью покрыть кирпич гидрофобизатором, значения водопоглощения уменьшаются в 2,5–3 раза. Защитные свойства поверхности обеспечиваются за счет проникновения гидрофобизирующего раствора на глубину 400–450 мкм, при этом кольматируются поры различных размеров.

Установлено, что гидрофобизация поверхности позволяет снизить водопоглощение керамического кирпича в 2–3 раза, повысить механическую прочность на 15–20 % и морозостойкость на 5–10 циклов.

Таким образом, разработанный состав гидрофобизатора позволяет за счет кольматации пор предохранить материал от проникновения влаги во внедренную структуру, снизить влияние кладочных цементных растворов на образование выцветов на поверхности, сохранить природный цвет кирпича, морозостойкость и прочность.

И.В. ПИЩ, С.Е. БАРАНЦЕВА., *А.Л. БЕЛАНОВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»*БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

Гидрофобизация поверхности стеновых строительных материалов зданий и сооружений предохраняет их от разрушения, вызванного воздействием влаги и автомобильного смога, позволяет продлить долговечность, межремонтный период, улучшить комфорт и эстетичность зданий и сооружений. Все строительные материалы, кроме стекла и сплошных пластиков имеют в большей или меньшей степени пористую структуру. В результате гидрофобизации поры блокируются, и тем самым, значительно уменьшается склонность к коррозии и разрушению поверхности материала, сохраняется его фактура и цвет.

В качестве гидрофобизаторов применяют соли жирных кислот некоторых металлов, катионно-активные поверхностные вещества, а также низко- и высокомолекулярные кремнийорганические и фторорганические соединения. Они обладают сравнительно «рыхлой» структурой, что позволяет частично сохранить поры и теплоизоляционные свойства строительных материалов.

Для приготовления гидрофобизатора использовали ортофосфорную кислоту, оксид цинка, кальция, борную кислоту, силан-силаксановую эмульсию и воду. Приготовленную гидрофобную водорастворимую эмульсию наносили на поверхность керамического кирпича, при этом использовали различные методы покрытия: пульверизацию, окунание, нанесение контактным валиком. На основании определения адсорбционных свойств поверхности установлена оптимальная продолжительность сушки, составляющая 7 суток.

В результате смачивания поверхности происходит снижение капиллярной адсорбции воды, так как поры частично блокируются. Степень смачивания зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости и смачиваемого образца и оценивается по величине краевого угла смачивания (α) согласно формуле

$$\cos \alpha = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2},$$

где h – высота капли, мм; d – ширина капли, мм.

В.Т. ПАРАХНЕВИЧ, А.М. СЕРГЕЕВА

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

Зимнее содержание автомобильных дорог – это комплекс работ, включающий защиту дорог от снежных заносов, борьбу с зимней скользкостью и очистку дорог от снега. По данным РУП «Могилевавтодор» на содержание дорог в зимний период уходит от 40 до 60 % всех выделяемых на год денежных средств.

Наиболее часто дорожным службам в зимний период приходится принимать меры по устранению скользкости, вызванной появлением ледяной корки на поверхности покрытия автомобильной дороги.

Образование ледяной корки на определенной дороге происходит на различных участках в разное время. Это связано с тем, что охлаждение покрытия происходит, не равномерно и достигает отрицательных температур в разное время. На скорость охлаждения покрытия влияет ряд факторов:

- продолжительность отрицательных температур;
- условия охлаждения;
- материал и толщина слоев дорожной одежды;
- материал и высота земляного полотна;
- положение уровня грунтовых вод.

Замечено, что в последнюю очередь ледяная корка появляется на проезжей части автомобильных дорог на участках, где расположены водопропускные трубы, и на участках с высокими насыпями.

Немаловажным фактором, влияющим на режим понижения температур, является тепловая инерция конструкции дорожной одежды и земляного полотна.

Как известно тепловая инерция зависит от:

- термического сопротивления отдельных слоев дорожной одежды;
- толщины слоев дорожной одежды;
- коэффициентов теплопроводности отдельных слоев;
- коэффициентов теплоусвоения материалов.

Те участки дороги, которые имеют меньшую тепловую инерцию при отрицательных температурах раньше покрываются ледяной коркой.

Это позволяет планировать проведение противогололедных мероприятий и экономить как противогололедные материалы, так и время.

На стадии проектирования дорог представляется возможность управлять такой характеристикой, как тепловая инерция.

А.Н. ПЕТРУКОВИЧ, В.А. САМКЕВИЧ, А.В. ГАЛАЛЮК
Ф-л РУП «Институт БелНИИС» НТЦ
Брест, Беларусь

При выполнении вскрытий рабочей арматуры продольных ребер сборных железобетонных ребристых плит покрытия номинальными размерами 6 х 3 м высотой 300 мм было установлено, что плиты армированы двумя стержнями $\varnothing 20$ мм периодического профиля, имеющего выступы с одинаковым заходом на обеих сторонах профиля («винт»). По характеру армирования плит (расположение и характер конструктивной арматуры) установлено, что плиты – преднапряженные.

Согласно п. 13.2.2 [1] расчетные характеристики арматуры конструкции для проверочных расчетов следует определять по разделу 6 [1] исходя из класса, установленного по проектным данным с учетом уровня обеспеченности этих характеристик на момент проектирования, либо по результатам испытаний вырезанных образцов с учетом нормируемого уровня обеспеченности. При отсутствии проектных данных и невозможности отбора образцов для испытаний допускается определять расчетное сопротивление арматуры в зависимости от ее профиля.

Т.е. в случае, когда нет возможности отбора проб арматуры из эксплуатируемых конструкций, расчетные характеристики арматуры чаще всего определяют по внешнему виду. При этом наиболее часто при отсутствии проектных данных или справочного материала для типовых конструкций с арматурой профиля «винт» в соответствии с п. 6.21 [2] расчетное сопротивление растяжению принимают равным $R_s = 245$ МПа (при этом для арматуры класса А-II в соответствии с п. 2.27* и таблицей 22* $R_s = 280$ МПа).

В табл. 4* норм [3] приведено расчетное сопротивление арматуры класса А-IIв, упрочненной вытяжкой:

- а) с контролем напряжений и удлинений – $R_a = 375$ МПа;
- б) с контролем только удлинений (без контроля напряжений) – $R_a = 330$ МПа.

В строительных нормах по проектированию бетонных и железобетонных конструкций последующих после [3] редакций, начиная с [4], отсутствуют указания по применению арматуры периодического профиля «винт», упрочненной вытяжкой. В нормах [3] приведены указания по использованию арматуры профиля «винт» класса А-II с расчетным сопротивлением $R_a = 275$ МПа, в основном, для поперечной, конструктивной и монтажной арматуры.

Арматура класса А-IIв изготавливалась из стали марки Ст.5. Для обычной стали Ст.5 «винтового» профиля относительное удлинение при испытании на разрыв составляет 19 %, предел текучести – 285 МПа, предел прочности – 510 МПа.

Сталь Ст.5, подвергнутая вытяжке с напряжением до 460 МПа, при удлинении не более 5,5 %, характеризуется пределом текучести – 460 МПа, пределом прочности – 510 МПа и относительным удлинением при разрыве – 8 % (такие же характеристики и при вытяжке более 5,5 %, однако, с более требовательным подходом к браковочным минимумам).

Установлено, что арматура класса А-IIв применялась в предварительно напряженных сборных железобетонных плитах покрытия габаритными размерами 6х3 м высотой 300 мм типов: $\frac{ПНКЛ-1}{3 \times 6}$, $\frac{ПНКЛ-2}{3 \times 6}$, $\frac{ПНКЛ-3}{3 \times 6}$ и $\frac{ПНКЛ-4}{3 \times 6}$, а также $\frac{ПНПВ-1}{3 \times 6}$, $\frac{ПНПВ-2}{3 \times 6}$ и $\frac{ПНПВ-3}{3 \times 6}$.

Таким образом, в случаях, когда при выполнении обследования предварительно напряженных сборных железобетонных конструкций с рабочей арматурой периодического профиля, имеющего выступы с одинаковым заходом на обеих сторонах профиля («винт»), отсутствует возможность отбора проб для принятия решения о классе арматуры и, соответственно, ее расчетных характеристиках для выполнения проверочных расчетов рекомендуется:

- 1) выполнить проверочный расчет в соответствии с указаниями п. 6.21 [2];
- 2) в том случае, если прочность конструкции по результатам расчета не обеспечена, а при натурном обследовании не выявлены признаки силового повреждения конструкции (перегрузки), следует выполнить расчет, приняв $R_a = 330$ МПа.

Указанный выше подход дает приближенные результаты, что, в очередной раз, подтверждает мнение о том, что для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации зданий (сооружений) необходимо наличие полной и, что самое важное, достоверной проектной и исполнительной документации, актов выполненных работ, паспортных данных примененных строительных материалов и изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2003. – 140 с.
- 2. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1989. – 80 с.
- 3. СНиП II-В.1-62 Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1970. – 112 с.
- 4. СНиП II-21-75 Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1976. – 92 с.