

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

№3, 2015

ISSN 1812–7320

Импакт фактор (пятилетний)
РИНЦ = 0,845

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала <http://www.rae.ru/snt>

Правила для авторов: www.rae.ru/snt/rules/

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Бичурин Мирза Иммамович д.ф-м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Шнуровозова Татьяна Владимировна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бизенкова Мария Николаевна	(к.м.н.)
Бичурин Мирза Имамович	(д.ф-м.н., профессор)
Бошенятов Борис Владимирович	(д.т.н.)
Гайсин Ильгизар Тимергалиевич	(д.п.н., профессор)
Гилев Анатолий Владимирович	(д.т.н., профессор)
Гладилина Ирина Петровна	(д.п.н., профессор)
Гоц Александр Николаевич	(д.т.н., профессор)
Грызлов Владимир Сергеевич	(д.т.н., профессор)
Елагина Вера Сергеевна	(д.п.н., профессор)
Завьялов Александр Иванович	(д.п.н., профессор)
Захарченко Владимир Дмитриевич	(д.т.н., профессор)
Лубенцов Валерий Федорович	(д.т.н., профессор)
Лукьянова Маргарита Ивановна	(д.п.н., профессор)
Мадера Александр Георгиевич	(д.т.н., профессор)
Микерова Галина Жоршовна	(д.п.н., профессор)
Пачурин Герман Васильевич	(д.т.н., профессор)
Пен Роберт Зусьевич	(д.т.н., профессор)
Романцов Михаил Григорьевич	(д.м.н., к.п.н., профессор)
Стукова Наталия Юрьевна	(к.м.н.)
Тутолмин Александр Викторович	(д.п.н., профессор)

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Журнал «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ №77-15597.**

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в Научной электронной библиотеке (НЭБ) - головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Импакт-фактор РИНЦ (пятилетний) = 0,843 (по данным на 23.02.2015)

Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 0,944 (по данным на 23.02.2015)

Индекс Хирша (десятилетний) = 16 (по данным РИНЦ на 23.02.2015)

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ

Учредитель: **МОО «Академия Естествознания»**

Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Почтовый адрес –

г. Москва, 105037, а/я 47,

АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,

редакция журнала «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Ответственный секретарь редакции –

Шнуровозова Татьяна Владимировна -

тел. +7 (499) 705-72-30

E-mail: edu@rae.ru

Подписано в печать 06.02.2015

Формат 60х90 1/8

Типография

ИД «Академия Естествознания»

г. Саратов, ул. Мамантовой, 5

Техническая редакция и верстка

Кулакова Г.А.

Корректор

Песчаскина Ю.А.

Способ печати – оперативный.

Усл. печ. л. 17,13

Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2015/3

Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕИМУЩЕСТВА И ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ФИЗИКЕ <i>Абекова Ж.А., Оралбаев А.Б., Серикбаева Г.С., Ермаханов М.Н.</i>	7
ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ЕЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ <i>Акатьев В.А., Нигметов Г.М., Нигметов Т.Г.</i>	10
СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КУРСА МАТЕМАТИКИ <i>Акимова И.В., Титова Е.И., Буркина В.А.</i>	15
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ, УЧИТЫВАЮЩЕЕ НАЧАЛЬНЫЙ И КОНЕЧНЫЙ ДИАМЕТР, ПЛОТНОСТЬ И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ ВЫСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА <i>Байтуреев А.М.</i>	20
НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ <i>Дасибеков А., Юнусов А.А., Айменов Ж.Т., Юнусова А.А., Саржанова М.Ж</i>	24
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ И ПОВЕРХНОСТИ С УЧЕТОМ НЕУДЕРЖИВАЮЩИХ СВЯЗЕЙ <i>Елисеев А.В., Копылов Ю.Р.</i>	28
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740 <i>Ерофеев А.Ю., Бердников А.А.</i>	32
УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МЕСТО УСТАНОВКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ТАБЛО <i>Интыков Т.С., Кадыров А.С., Балабекова К.Г.</i>	35
ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ <i>Кузнецова Ю.А., Лауринас В.Ч., Гученко С.А., Юров В.М.</i>	39
ПРОГРАММНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ФОРМАНТ ЯКУТСКОГО ЯЗЫКА <i>Леонтьев Н.А., Слепцов И.А., Токарев И.З.</i>	43
ЭНЕРГИЯ РАЗРЫВА ЭЛЕМЕНТ-ЭЛЕМЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ <i>Мартынов И.В.</i>	47
ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ <i>Маслеева О.В., Воеводин А.Г., Пачурин Г.В.</i>	51
ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОЛНОЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА МНОГОШАГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ <i>Немировский В.Б., Стоянов А.К.</i>	55
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОРГАНАХ СУДЕБНОЙ ВЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН <i>Омаров М.Д., Муслимова Ф.Н.</i>	61

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИНДУКТИВНО-ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА <i>Пустынников С.В.</i>	65
АВТОНОМНЫЕ И ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ МАШИНЫ ПОДДЕРЖКИ ПЕХОТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ И НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ <i>Романов И.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А., Романов А.Д.</i>	71
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА КОРПУСА МАЛОГО УЧЕБНОГО СУДНА ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Романов А.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А.</i>	76
ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ <i>Руднев С.Д., Киреев В.В., Попов Д.М.</i>	81
ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО КАЛИБРОВАННОГО ПРОКАТА ДЛЯ ВЫСАДКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ <i>Филиппов А.А., Пачурин В.Г., Пачурин Г.В.</i>	87
АНАЛИЗ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ <i>Шапкина Ю.В.</i>	93

CONTENTS

ADVANTAGES AND VALUE OF EXPERIMENTAL TASKS TO DIGESTION OF THEORETICAL MATERIAL OF PHYSICS <i>Abekova Z.A., Oralbaev A.B., Serikbaeva G.S., Ermakhanov M.N.</i>	7
INFLUENCE OF EXTENT OF REINFORCING OF THE FERROCONCRETE BEAMS ON ITS AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC <i>Akatev V.A., Nigmatov G.M., Nigmatov T.G.</i>	10
CREATION OF THE ELECTRONIC TEXTBOOK OF MODULAR STRUCTURE OF THE COURSE OF MATHEMATICS <i>Akimova I.V., Titova E.I., Burkina V.A.</i>	15
MATHEMATICAL MODELING AND GETTING OF THE KINETIC EQUATION OF THE DRYING PROCESS IN BARREL TYPE DRYER WITH MIXED REGIME OF HEAT TREATMENT TAKING INTO ACCOUNT INITIAL AND FINAL: DIAMETER, DENSITY AND HUMIDITY OF THE DRYING MATERIAL <i>Baytureev A.M.</i>	20
HETEROGENEITY OF SOILS UNDERLYING FOUNDATION AS THE MAIN CAUSE OF DAMAGE TO BUILDINGS <i>Dasibekov A., Yunusov A.A., Aymenov Z.T., Yunusova A.A., Sarzhnova M.Z.</i>	24
CERTAIN QUESTIONS OF DYNAMICS OF VIBRATING INTERACTION GRANULAR MEDIA AND SURFACES WITH UNILATERAL CONSTRAINTS <i>Eliseev A.V., Kopylov Y.R.</i>	28
MODERNIZATION ELECTROMAGNETIC DRIVE FAN MOTOR KAMAZ-740 <i>Erofeev A.Y., Berdnikov A.A.</i>	32
ESTABLISHING DEPENDENCIES THAT DETERMINE THE INSTALLATION LOCATION OF THE DYNAMIC INFORMATION BOARD <i>Intykov T.S., Kadyrov A.S., Balabekova K.G.</i>	35
EFFECT OF LASER RADIATION ON MULTIPLE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COATINGS <i>Kuznetsova Y.A., Laurynas V.C., Guchenko S.A., Yurov V.M.</i>	39
SOFTWARE FINDING SOUND FORMANTS OF THE YAKUT LANGUAGE <i>Leontev N.A., Sleptsov I.A., Tokarev I.Z.</i>	43
THE ENERGY GAP ELEMENT-ELEMENT RELATIONSHIPS <i>Martynov I.V.</i>	47
ALTERNATIVE SOURCES OF THERMAL EFFECTS ON THE ENVIRONMENT <i>Masleeva O.V., Voevodin A.G., Pachurin G.V.</i>	51
INCREASING OF INFORMATIVENESS OF THE FULL-COLOR IMAGES USING NEURAL NETWORK ALGORITHM OF MULTI-STEP SEGMENTATION <i>Nemirovskiy V.B., Stoyanov A.K.</i>	55
CURRENT STATE OF THE INFORMATIONAI SYSTEM USAGE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN JUDICIARY <i>Omarov M.D., Muslimova F.N.</i>	61
INVESTIGATION WORK INDUCTIVELY PULSE GENERATOR <i>Pustynnikov S.V.</i>	65

INDEPENDENT AND REMOTELY-CONTROLLED MACHINES OF SUPPORT OF INFANTRY OFFICE AND DIRECT ENSURING MILITARY OPERATIONS <i>Romanov I.D., Chernyshov E.A., Romanova E.A., Romanov A.D.</i>	71
JUSTIFICATION OF A CHOICE OF MATERIAL OF THE CASE OF THE SMALL TRAINING SHIP FROM COMPOSITE MATERIALS <i>Romanov A.D., Chernyshov E.A., Romanova E.A.</i>	76
SPECIAL FEATURES OF BIOLOGICAL TISSUES' DEFORMATON BEHAVIOUR <i>Rudnev S.D., Kireev V.V., Popov D.M.</i>	81
PRODUCING HIGH-QUALITY CALIBRATED ROLLED LANDING HIGH STRENGTH BOLTS <i>Filippov A.A., Pachurin V.G., Pachurin G.V.</i>	87
ANALYSIS VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS OF A CAR STEERING <i>Shapkina Y.V.</i>	93

УДК 371.01

ПРЕИМУЩЕСТВА И ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ФИЗИКЕ

Абекова Ж.А., Оралбаев А.Б., Серикбаева Г.С., Ермаханов М.Н.

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, e-mail: abekova68@mail.ru

В этой статье показано практическое и теоретическое значение экспериментальных задач физики для формирования познавательных интересов учащихся школ. Наряду с этим обсуждаются преимущества и полезность практического выполнения конкретного физического эксперимента для усвоения теоретического материала по физике. В данной статье уделяется внимание повышению заинтересованности школьников предметом физики и физическими экспериментами.

Ключевые слова: экспериментальная задача, инновационная технология, формирование учебно-познавательной деятельности, педагогические технологии, демонстрационные эксперименты, логически-поисковые и исследовательские задачи

ADVANTAGES AND VALUE OF EXPERIMENTAL TASKS TO DIGESTION OF THEORETICAL MATERIAL OF PHYSICS

Abekova Z.A., Oralbaev A.B., Serikbaeva G.S., Ermakhanov M.N.

South Kazakhstan State University by named M. Auyezov, Shymkent, e-mail: abekova68@mail.ru

This article demonstrates practical and theoretical significance of experimental physics problems for the formation of cognitive interests of pupils. At the same time, the benefits and usefulness of the practical implementation of specific physical experiment for the assimilation of theoretical material in physics. This article focuses on an increase in the interest of students studying the subject of physics and physics experiments.

Keywords: experimental task, innovative technology, the formation of teaching and learning activities, educational technology, demonstration experiments, logical search and research tasks

Развитие современной науки, современных инновационных технологии, интерактивных методов в учебном процессе требует усиления новых современных методов обучения. В учебных планах общего и среднего образования курса физики требуется усиление роли экспериментальных задач. В факультативных курсах и курсах по выбору систематическое решение экспериментальных задач может вывести изучение физики на более высокий уровень [1, 2]. По большому счёту обучение ведётся для того, чтобы школьники могли применять свои знания на практике. Поэтому важнейшим элементом обучения является практическое использование тех приборов и методов измерений, которые уже изучены школьниками.

Традиционно при изучении физики эксперименты разделяются на две большие группы: демонстрационные эксперименты, выполняемые обычно учителем, и практические (экспериментальные) работы, выполняемые школьниками самостоятельно [5]. Демонстрационные эксперименты нужны в случаях:

а) когда нужно познакомить учеников с физическими явлениями и обстоятельствами, послужившими отправной точкой для формулировки основных физических законов их первооткрывателями. Как известно, обнаруженные при наблюдениях закономерности обобщаются и формулируются в виде соответствующих «законов природы». Иногда такие «законы» получают имена своих

первооткрывателей, например, всем известный закон Архимеда или закон Кулона. Все законы физики имеют практическую основу – они являются обобщением опыта;

б) когда рассматривается устройство и принципы действия измерительных приборов, основанных на различных физических явлениях. Приборов, которые позволяют измерять различные физические параметры, гораздо больше, чем основных физических законов. И, хотя у каждого прибора имеется свой автор, то есть тот человек, который первым предложил и реализовал конструкцию прибора, имена авторов обычно не сообщаются школьникам. Внимание этому вопросу (авторству) уделяется только при изучении истории физики;

в) при изучении сложных технических устройств или процессов, в которых используются в комбинации различные физические явления.

Практические самостоятельные экспериментальные работы тоже могут быть разделены на группы по назначению:

а) качественные эксперименты типа: соберите – включите – посмотрите – зарисуйте – сделайте вывод (словесная формулировка). Такие эксперименты нужны для непосредственного ознакомления с физическими явлениями. Например, в таком эксперименте проверяется «закон сообщающихся сосудов»;

б) количественные эксперименты: соберите – измерьте – вычислите – постройте график – запишите результат в тетрадь. Этот

тип экспериментов предназначен для выработки навыков применения простейших измерительных приборов и оформления экспериментальных работ. Например, эксперимент, в котором регистрируются различные удлинения одной и той же пружины, если на ней подвешены разные грузы, относится к этому типу [5].

Таковыми методами можно повысить заинтересованность школьников предметом физики и физическими экспериментами. На основе вышесказанного при составлении экспериментальных задач по физике придерживались следующих критериев:

- содержание экспериментальных задач в учебном процессе должно создавать проблемные ситуации, принципы развивающего обучения;

- содержание экспериментальных задач в учебном процессе не должны выходить за рамки материалов учебного плана;

- для решения экспериментальных задач необходимые формулы и закономерности не должны выходить за рамки учебных планов;

- содержание экспериментальных задач должно быть целенаправленным, с глубоким смыслом, физические процессы и их смысл должны быть непосредственно связаны с производством, техникой, природными явлениями, современной наукой и технологией;

- единая взаимосвязь содержания экспериментальных задач должна учитывать индивидуальные качества, психологические и физиологические особенности школьников;

- при составлении экспериментальных задач нужно непременно учитывать современные достижения науки и техники, передовые научные технологии и достижения;

- содержание экспериментальных задач должно обеспечивать освоение различных умственных и реальных действий на практике.

На основе анализа необходимых теоретических и практических знаний для решения экспериментальных задач и учета того, что «решение задач невозможно без умственной операции». Остановимся на действиях, необходимых для решения экспериментальных задач.

Анализ. Необходимые знания формируют следующие определенные задания:

- выбрать один из предложенных объектов или параметров;

- рассмотреть одну из идей из условия задачи, сделать математическое заключение, доказать, указать исторические данные и т.д.

- уметь различать принцип работы механизмов, двигателей, машин, передающих механизмов; а в электрических схемах – источник тока, механизмы, потребляющие электрическую энергию, измерительных приборов;

- обсудить условие задачи и указать «действующие лица», относящиеся к условию задачи, описать состояния этих тел;

- указать причины и следствия физических процессов;

- указывая основные моменты работы, составить план дальнейших работ. Сбор данных.

На формирование определенных знаний оказывают воздействия следующие факторы:

- рассматривая различные аспекты физического явления экспериментальной задачи сделать общее заключение (например, определить зависимость электропроводности металлов от температуры);

- для решения различных задач создавать различные условия или написать реферат.

Создать группировку и общее заключение. Для выполнения таких действий необходимы следующие действия:

- из списка различных информационных данных, заключений выбрать только такие данные, которые характеризуют реальный физический процесс (например, выбрать закон Ома для участка или для замкнутой цепи);

- уметь группировать рассмотренные физические приборы – измерительные приборы в одну группу, физико-технические приборы – в другую группу [1, 3];

- полное рассмотрение практического применения физических закономерностей, процессов, необходимых для эксперимента по физике (применение в природных явлениях, в жизни человека, в социальной сфере, производстве и технике).

Такие знания формируют следующие задания (индукция):

- сделать заключение по многим экспериментам и наблюдениям (например, про условия появления какого-то физического явления);

- сделать общее заключение по проблеме одного факта.

Для формирования такого знания необходимо и полезно выполнение следующих заданий (дедукция):

- дополнить предложение, используя знания из теории, например, определить состояние тела, опираясь на электронную теорию;

- опираясь на теорию, школьник по заданной проблеме может высказать свои мысли, суждения;

- по характеру условия экспериментальных задач школьники могут рекомендовать свои предположения.

Для формирования такого знания необходимо и полезно выполнение следующих заданий (обобщение):

- указывая основы теории (определение, выводы, понятия, идеальные модели и другое), законы (постулаты, законы, постоянные), следствия (формулы-следствия формулы, практическое применение и ее связь) выделяя их, сделать структурную схему теории;

- создать логическую систему решения задачи, это означает, что для выполнения работы необходимо учитывать начальные условия.

При изучении общего курса физики на практических занятиях для усвоения материала необходимо обратить внимание на следующие основные моменты [3, 4]:

- 1) многие методы практического владения материалом развиваются параллельно с вышесказанными операциями;
- 2) выполнение эксперимента осуществляется необходимыми измерениями на приборах, полученными данными из опыта;
- 3) в ходе эксперимента нужно определить, какие величины измеряем, какие величины остаются постоянными;
- 4) для общего вывода из опыта необходимо полученные данные сгруппировать, построить графики, анализировать, выявить физическую природу явления, обсудить полученные данные по пунктам.

Учитывая вышесказанные утверждения, развивая мысли об условиях задачи, о методах выполнения экспериментальной работы, эти экспериментальные задачи можно разделить на следующие группы:

- 1) логически-поисковые;
- 2) исследовательские;
- 3) составленные и компьютерные задачи.

Во время выполнения экспериментальных задач естественно бурно развиваются логические и творческие компоненты мыслительной деятельности. Предложенная классификация экспериментальных задач выглядит следующим образом.

Логически-поисковые.

1. По известным следствиям находить основные причины.

2. По известным причинам находить основные следствия.

3. Указать основные начальные условия, определяющие физические закономерности и физические явления.

4. При изменяющихся начальных условиях прогнозировать ход протекания процесса.

5. Задачи, объясняющие физические процессы.

6. Задачи, требующие доказательства. Исследовательские.

1. Наблюдения и анализ явления.

2. Эмпирические объяснения явления.

3. Теоретически объяснить природные явления.

Составленные задачи.

1. Придумать идею составления.

2. Доработать данную схему.

3. Составить эксперимент и его выполнить.

4. Составить новую схему эксперимента. Компьютерные задачи.

1. Составить алгоритм задачи.

2. Определить функциональную зависимость двух физических величин.

Содержание физических задач составлено таким образом, что его можно использовать в любое время учебного процесса. Остановимся на этих моментах учебного процесса.

Прием задания – это прием знаний школьников, характеризующих взаимосвязь физических процессов с природными явлениями. Для приема знаний школьников необходимо у них возбудить интерес к предмету. Этот интерес появляется параллельно с обсуждением экспериментальной задачи, преподаватель, задавая вопросы и создавая проблемную ситуацию, должен заинтересовать школьников знаниями [3].

Логически-поисковые задачи направлены на усвоение материалов по физике по частям, по разделам. Предположения показывают аналитико-синтетическую взаимосвязь, они указывают на причинно-следственные связи физических процессов.

Задачи, используемые для закрепления знаний школьников, соответствуют программе учебного процесса, они способствуют конкретному и полному усвоению теоретического материала. С другой стороны, эти знания дают возможность еще глубже понять ранее полученные знания, позволяют взглянуть на физический процесс с другой позиции и выяснить его практический смысл. Рассмотренные творческие задачи позволяют обогатить полученные знания новыми идеями и теоретическими рассуждениями.

Практическое применение знаний занимает ведущую роль в учебном процессе школы, так как решение этих экспериментальных задач требует как глубоких теоретических знаний, так и методики решения задачи, выяснения ее сущности, природы физического процесса.

Список литературы

1. Дуйсембаев Б.М., Сариева А.К. Сборник качественных задач по физике: учебное пособие. – Алматы: Респ. Типография, 1999. – 48 с.
2. Сариева А.К., Маженова А.Б. Развитие творческих способностей школьников на уроках физики // ИФМ. – 2002. – № 3. – 31–37 с.
3. Аманкулов Т.П., Аширбаев Н.К. Теория и практика преподавания физики: учебное пособие. – Шымкент: Нурлы бейне, 2012. – 261 с.
4. Кушеров А.Ж. Упражнения и задачи. 10 класс. – Шымкент: Нурлы бейне, 2009. – 15 с.
5. Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. – М., 2008. – 83 с.

References

1. Dujsembaev B.M., Sarieva A.K. Sbornik kachestvennykh zadach po fizike: uchebnoe posobie. Almaty: Resp. Tipografiya, 1999. 48 p.
2. Sarieva A.K., Mazhenova A.B. Razvitie tvorcheskikh sposobnostej shkol'nikov na urokah fiziki // IFM. 2002. no. 3. 31–37 p.
3. Amankulov T.P., Ashirbaev N.K. Teoriya i praktika prepodovaniya fiziki: uchebnoe posobie. Shymkent: Nurly bejne, 2012. 261 p.
4. Kusherov A.Zh. Uprazhneniya i zadachi. 10 klass. Shymkent: Nurly bejne, 2009. 15 p.
5. Varlamov S.D., Zil'berman A.R., Zinkovskij V.I. Jeksperimental'nye zadachi na urokah fiziki i fizicheskikh olimpiadah. M., 2008. 83 p.

УДК 620.179.14

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ЕЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ

¹Акатьев В.А., ²Нигметов Г.М., ¹Нигметов Т.Г.¹ФГБОУ ВПО «Российский государственный социальный университет»,
Москва, e-mail: Akatiev07@mail.ru;²ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций», Москва

Проведен анализ влияния степени армирования железобетонных балок на их амплитудно-частотные характеристики. При этом экспериментальным исследованиям были подвергнуты армированные и неармированные балки, имеющие одинаковые поперечные сечения и длины. Одна группа образцов была изготовлена из бетона марки 150, другая группа – из бетона марки 300. Экспериментальные результаты были сопоставлены с результатами расчетов по действующим методикам. Выявлена значительная разница между экспериментальными и расчетными показателями. Степень снижения периода собственных колебаний балки с увеличением степени армирования по данным эксперимента значительно выше, чем по расчетным оценкам с использованием методик.

Ключевые слова: поперечные собственные колебания, балка, армирование, амплитудно-частотная характеристика, период колебаний балки

INFLUENCE OF EXTENT OF REINFORCING OF THE FERROCONCRETE BEAMS ON ITS AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC

¹Akatiev V.A., ²Nigmatov G.M., ¹Nigmatov T.G.¹Russian State Social University, Moscow, e-mail: Akatiev07@mail.ru;²The All-Russian research institute on problems of civil defense and emergency situations, Moscow

The analysis of influence of extent of reinforcing of ferroconcrete beams on their amplitude-frequency characteristics is carried out. Thus the reinforced and not reinforced beams having identical cross sections and lengths were subjected to pilot studies. One group of samples was made of brand 150 concrete, other group – of brand 300 concrete. Experimental results were compared with results of calculations for the operating techniques. The considerable difference between experimental and settlement indicators is revealed. Extent of decrease in the period of fluctuations of a beam with increase in extent of reinforcing according to experiment is much higher, than by settlement estimates with use of techniques.

Keywords: cross own fluctuations, beam, reinforcing, amplitude-frequency characteristic, period of fluctuations of a beam

В существующей научно-технической литературе и методических документах должным образом не нашли отражение вопросы учета влияния армирования железобетонных конструкций на их жесткость и, как следствие, на их колебательную способность. Результаты анализа показывают, что при одинаковых длинах, сечениях и прочностных характеристиках бетонные и железобетонные балки имеют разный частотный портрет колебаний, что говорит о влиянии армирования на динамику балок. Определение нормативного (проектного) значения периода собственных колебаний железобетонных конструкций и периода собственных колебаний при эксплуатации даёт возможность диагностировать изменение их жесткости $E \cdot J$ в момент времени контроля t .

Постановка задачи исследования

Свободные колебания балки описываются известным дифференциальным уравнением [1, 2, 3]:

$$\frac{EJ}{\rho} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \quad (1)$$

Решение дифференциального уравнения (1) для балки дает следующую зависимость для периода собственных колебаний:

$$T_1 = \frac{l^2}{\pi^2} \sqrt{\frac{m}{EJ}}, \quad (2)$$

где l – длина балки, м; m – масса погонного метра балки, кг/м; E – модуль упругости, Н/м²; J – момент инерции сечения балки, м⁴.

Требуется решить следующие задачи. Вначале определить расчетные значения периодов собственных колебаний балок

с учетом их армирования по формуле (2), затем значения тех же параметров (отдельно для армированных и неармированных балок) получить в результате экспериментального исследования. На конечном этапе полученные результаты сопоставить между собой.

Характеристика образцов, использованных для исследования

Для анализа колебаний были отобраны бетонные (неармированные) и железобетонные образцы (2 бетонные и 2 железобетонные балки) длиной по 1 м, изготовленные из бетона марки М-150 и М-300 и имеющие прямоугольное поперечное сечение шириной 80 мм и высотой 140 мм. Железобетонные балки по нижней зоне сечения армированы двумя стальными стержнями диаметром 12 мм, защитный слой бетона равен 10 мм.

Теоретическая оценка влияния армирования и прочности на динамические колебания железобетонных балок

Момент инерции прямоугольного сечения бетонной балки относительно центральной оси вычислим по известной формуле:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,08 \cdot 0,14^3}{12} = 1,83 \cdot 10^{-54} \text{ м}^4,$$

где b – ширина сечения балки, м; h – высота сечения балки, м.

Момент инерции сечения железобетонной балки ($J_{\text{прив}}$) определим как приведенный момент инерции с армированием – с учетом всей площади сечения бетонной балки и площадей сечения арматуры с учетом коэффициентов приведения арматуры к бетону [4]:

$$J_{\text{прив}} = J + J_s \alpha, \quad (3)$$

где J_s – момент инерции площади сечения растянутой арматуры в нижней зоне относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения определяется по формуле:

$$J_{\text{спас}} = A_s \cdot (h_0 - y_c)^2; \quad (4)$$

y_c – расстояние от центра тяжести сечения до наиболее растянутого волокна ($y_c = 0,07$ м); h_0 – рабочая высота сечения балки; α – коэффициент приведения арматуры к бетону, $\alpha = E_s/E_b$.

Для марок бетона М-150 и М-300 и стальной арматуры сформируем исходные данные для последующего расчета моментов инерции:

модуль упругости, E , МПа:

$$E_{150} = 21 \cdot 10^3, \quad E_{300} = 30 \cdot 10^3, \quad E_s = 2 \cdot 10^5;$$

плотность, ρ , кг/м³:

$$\rho_{150} = 2460, \quad \rho_{300} = 2389, \quad \rho_s = 7850;$$

коэффициент приведения арматуры к бетону:

$$\alpha_{150} = 9,52, \quad \alpha_{300} = 6,67.$$

С учетом приведенных исходных выполним вычисления моментов инерции сечения железобетонных балок:

$$J_{s150} = J + J_{\text{спас}} \cdot \alpha = 1,83 \cdot 10^{-5} + 0,000000463 \cdot 2 \cdot 9,52 = 2,7 \cdot 10^{-5};$$

$$J_{s300} = J + J_{\text{спас}} \cdot \alpha = 1,83 \cdot 10^{-5} + 0,000000463 \cdot 2 \cdot 6,67 = 2,45 \cdot 10^{-5}.$$

Найдем отношения моментов инерции для сечений балок с армированием и без армирования:

$$J_{s150}/J = 2,7/1,83 = 1,475;$$

$$J_{s150}/J = 2,45/1,83 = 1,34.$$

Тогда можно вычислить отношение периодов собственных колебаний балок с армированием и без армирования для бетона марок 150 и 300:

$$T_{1,150s}/T_{1,150} = 0,82;$$

$$T_{1,300s}/T_{1,300} = 0,86.$$

Экспериментальные измерения динамических колебаний балок

Эксперименты выполнялись с помощью комплексов для динамических испытаний «Струна-Стрела» и «Толкун-1» с применением пьезокерамических акселерометров типа А1638 в частотном диапазоне от 0,1 до 400 Гц. Общий вид на образцы и приборы контроля, подготовленные к эксперименту, представлены на рис. 1.

Спектры колебаний балок представлены на рис. 2 и 3.

Из анализа спектров колебаний балок из бетона марки М-300 можно определить экспериментальные значения периодов собственных колебаний ($T_6 = 0,012$ с – для армированной; $T_6 = 0,042$ с – для неармированной) и оценить их отношения ($T_6/T_{жб} = 3,50$). Значения периодов собственных колебаний балок (с армированием и без армирования) можно вычислить по формулам, изложенных в методиках [1–4].

Результаты сравнения периодов собственных колебаний балок с армированием и без армирования, полученные в результате вычислений, показывают, что указанные периоды должны отличаться в 1,22–1,16 раз, тогда как результаты экспериментальных данных показывают, что периоды колебаний для исследуемых балок отличаются в 2,86–3,50 раза (таблица).



Рис. 1. Динамические испытания бетонных балок

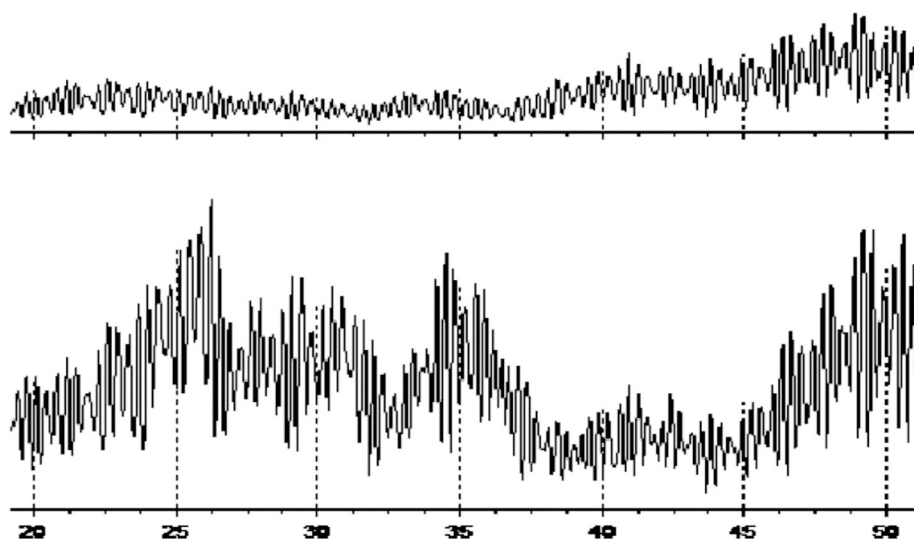


Рис. 2. Спектры колебаний в частотном диапазоне от 20 до 50 Гц:
сверху – балка из бетона марки 300 с армированием;
снизу – балка из бетона марки 300 без армирования

Отношение периодов собственных колебаний балок
без армирования T_6 и с армированием $T_{жб}$

Габаритные размеры, мм	Марка бетона	Наличие армирования, диаметр арматуры	Период собственных колебаний, T_2 , с	Отношение периодов собственных колебаний балок, $T_6/T_{жб}$	
				Эксперимент	Расчет
140×80×1000	М-300	Да, Ø12×2	0,012	3,50	1,22
140×80×1000	М-300	Нет	0,042		
140×80×1000	М-150	Да, Ø12×2	0,014	2,86	1,16
140×80×1000	М-150	Нет	0,04		

В литературе [1] приводятся математические выражения для оценки периодов собственных колебаний, с помощью которых можно определить влияние степени армирования, в частности, при расположе-

нии арматуры в нижней зоне период колебаний балки должен возрасти максимум в 2,24 раза, но это не соответствует экспериментальным значениям периодов собственных колебаний балки.

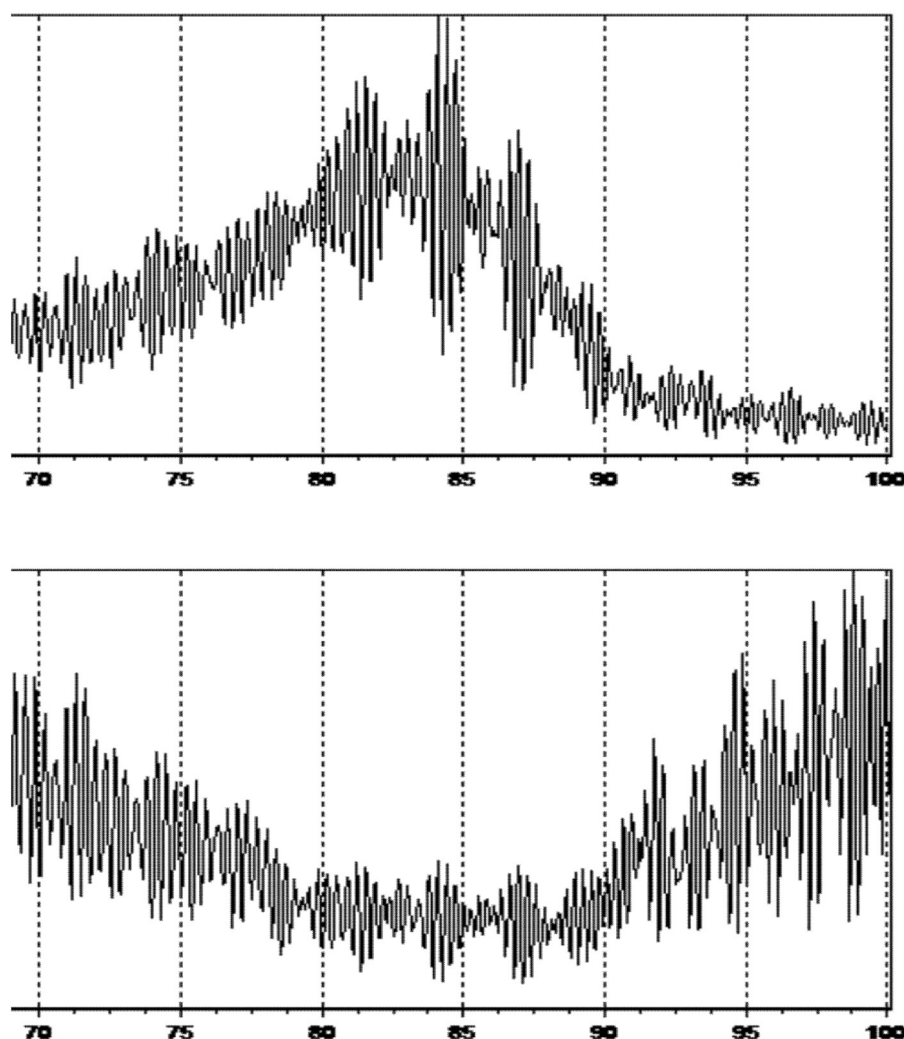


Рис. 3. Спектры колебаний балок из бетона марки 300 в частотном диапазоне от 70 до 100 Гц: сверху – для балки с армированием; снизу – для балки без армирования

Следует иметь в виду, что период собственных колебаний железобетонной балки в процессе длительной эксплуатации меняется, что позволяет судить о степени её износа.

Для оценки степени износа железобетонной конструкции достаточно сравнить расчетные и истинные экспериментально полученные значения периодов собственных колебаний на момент времени t . Степень износа конструктивной системы может быть определена по следующей зависимости:

$$\Delta T = \frac{T_1(t) - [T_1]}{[T_1]} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где $[T_1]$ – нормативное значение периода собственных колебаний; $T_1(t)$ – период собственных колебаний в момент времени t .

Для определения нормативного значения периода собственных колебаний

конструктивной системы с армированием необходимы новые методики учета влияния армирования на динамику железобетонных конструкций. Так как в настоящее время отсутствуют методики учета влияния армирования на динамику железобетонных конструкций, то для определения $[T_1]$ достаточно измерить T_1 в момент времени $t = 0$, то есть для новой конструкции $[T_1] = T_1(0)$.

Тогда формулу (5) можно будет переписать следующим образом:

$$\Delta T = \frac{T_1(t) - [T_1(0)]}{[T_1(0)]} \cdot 100\%. \quad (6)$$

При превышении периода собственных колебаний на 90 % ($\Delta T \geq 90\%$) конструкция не пригодна к эксплуатации.

Выводы

При одинаковых сечениях и прочностных характеристиках бетонные и железобетонные балки имеют разный частотный спектр динамических собственных колебаний, что говорит о существенном влиянии армирования на динамику балок. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что существующие расчетные методики не позволяют получить объективную информацию о периодах собственных колебаний армированных балок. Расхождения расчетных данных с экспериментальными данными отличаются более чем в 2 раза. Следовательно, требуются исследования по корректировке известных расчетных зависимостей для определения динамических характеристик балок с учетом их армирования.

Список литературы

1. Коробко В.И., Коробко А.В. Контроль качества строительных конструкций: Виброакустические технологии. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2003. – 288 с.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – 5-е изд. – М.: Librokom, 2010. – 274 с.
3. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле: пер. с англ. Я.Г. Пановко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Комкнига, 2006. – 440 с.
4. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.

References

1. Korobko V.I., Korobko A.V. Kontrol' kachestva stroitel'nyh konstrukcij: Vibroakusticheskie tehnologii. M.: Assoциация stroitel'nyh vuzov, 2003. 288 p.
2. Panovko Ja.G. Osnovy prikladnoj teorii kolebanij i udara. 5-e izd. M.: Librokom, 2010. 274 p.
3. Timoshenko S.P. Kolebanija v inzhenernom dele: per. s angl. Ja.G. Panovko. 2-e izd., stereotip. M.: Komkniga, 2006. 440 p.
4. SP 52-101-2003. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii bez predvaritel'nogo naprjazhenija armatury.

УДК 378.1

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КУРСА МАТЕМАТИКИ

¹Акимова И.В., ²Титова Е.И., ²Буркина В.А.

¹ФГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза;

²ФГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: ulrih@list.ru

Данная статья освещает одну из актуальных тем современной педагогики: использование информационно-коммуникационных технологий в обучении. Сочетание ИКТ с модульным обучением делает ее еще более ценной и значимой. Авторы предлагают использовать на занятиях по математике в вузе электронные учебники. Фрагмент данного учебника излагается на примере модуля «Аналитическая геометрия». Выделены основные составляющие электронного учебника, которые включены в определенные элементы структуры модуля. Все это находит наглядное отражение в статье.

Ключевые слова: модульное обучение, электронный учебник, математика в вузе

CREATION OF THE ELECTRONIC TEXTBOOK OF MODULAR STRUCTURE OF THE COURSE OF MATHEMATICS

¹Akimova I.V., ²Titova E.I., ²Burkina V.A.

¹Penza State University, Penza;

²Penza State University of Architect and Build, Penza, e-mail: ulrih@list.ru

This article lights one of actual topics of modern pedagogics: use of information and communication technologies in training. The ICT combination to modular training does it even more valuable and significant. Authors suggest to use on classes in mathematics in higher education institution electronic textbooks. The fragment of this textbook is stated on the example of the Analytical Geometry module. The main components of the electronic textbook which are included in certain elements of structure of the module are allocated. All this finds evident reflection in article.

Keywords: modular training, the electronic textbook, mathematics in higher education institution

Модульное обучение – одна из применимых технологий в высших учебных заведениях. Она позволяет порционно давать изучаемый материал с учетом индивидуальных особенностей обучающихся. В данной работе нам хотелось бы показать, что эффективность организации модульного обучения будет выше благодаря использованию ин-

формационно-коммуникационных технологий. Применительно к курсу математики в техническом вузе нами был разработан электронный учебник, реализующий структуру модуля по теме «Аналитическая геометрия». С данным средством выполняется работа студентов 1 курса в рамках изучения предмета «Математика».

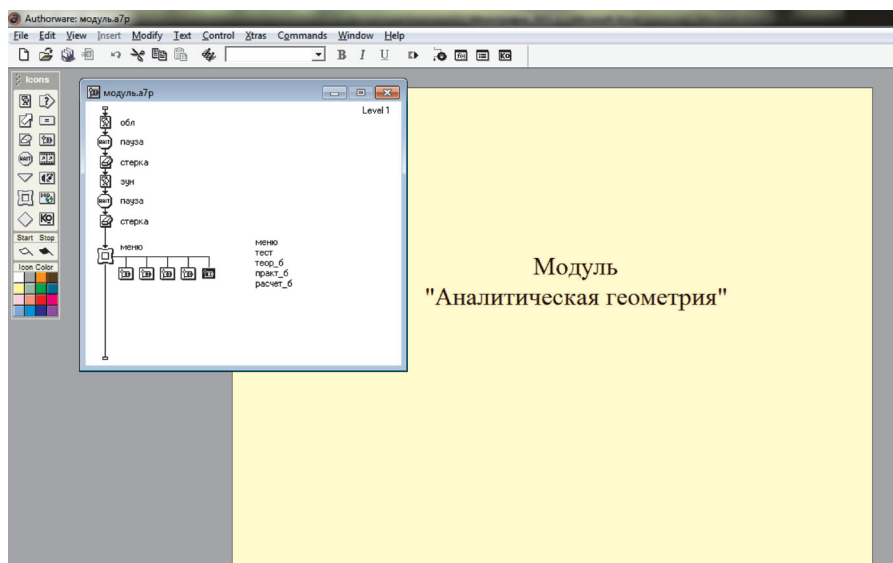


Рис. 1. Разработка электронного учебника

Данный электронный учебник был разработан в программе «AuthorWare», использует все встроенные механизмы системы: работу с меню, ссыл-

ками, встроенную систему тестирования.

Разработанный электронный учебник содержит следующие составляющие.

1. Цели и задачи модуля.

В результате изучения данного модуля будущие строители должны овладеть следующими умениями:

- изображать геометрические фигуры и тела, указанные в условиях задач, и выделять известные линии на чертежах и моделях;
- решать типовые задачи на вычисление и доказательство, опираясь на теоретические сведения, полученные в данном модуле;
- проводить доказательные рассуждения в ходе решения типовых задач;
- вычислять значения геометрических величин (длин, углов, площадей, расстояний), применяя изученные свойства и формулы;
- применять аппарат алгебры, начал анализа и тригонометрии в ходе решения задач;
- использовать векторы и координаты для решения задач (вычисление длин и углов, операции над векторами);
- изображать геометрические тела, вычислять их объемы и площади поверхностей.

Рис. 2. Работа программного средства «Аналитическая геометрия»

2. Структура модуля, по которой будут работать студенты.



Рис. 3. Вид программного средства со структурой модуля

3. Содержание теоретического, практического блока и блока с типовым расчетом.

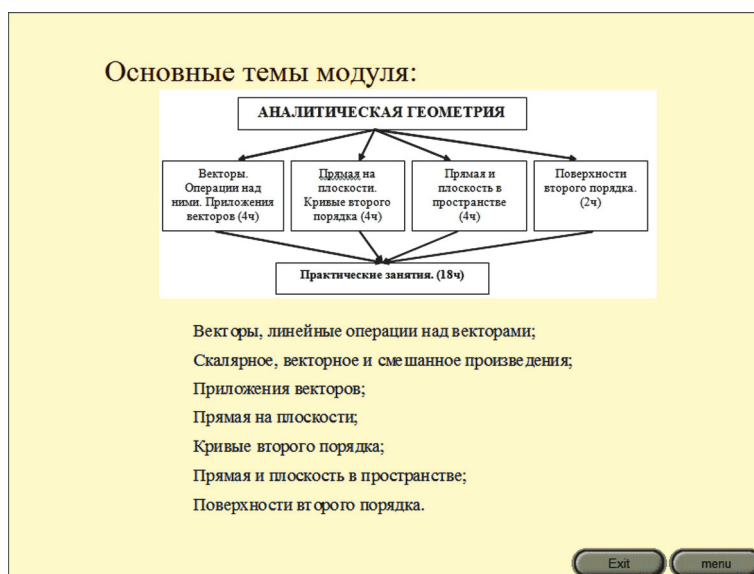


Рис. 4. Содержание программного средства для различных блоков

4. Блок входного контроля содержит тест для повторения соответствующего материала школьного курса планиметрии и стереометрии.

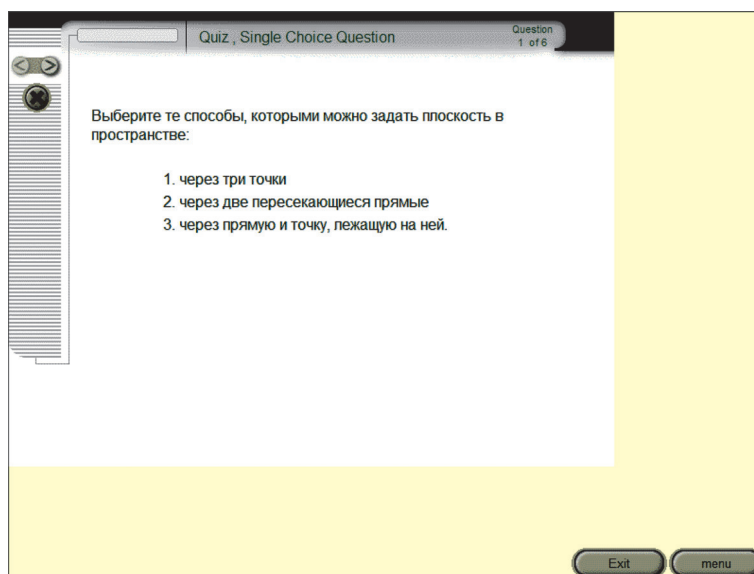


Рис. 5. Вид входного теста, содержащегося в программном средстве

Результаты теста сохраняются в текстовом файле и потом могут быть просмотрены преподавателем.

Блок входного контроля в модуле «Аналитическая геометрия» реализуется через повторение соответствующего материала школьного курса планиметрии и стереометрии, вводную проверку знания определенных основных понятий, формул и теорем с целью диагностики уровня сформированности системы знаний, необходимых для изучения данного модуля.

Теоретический блок краткого изложения содержит в себе перечень основных тем модуля, наглядно представленных обучающимся в виде структурных схем. Выделим основные темы модуля «Аналитическая геометрия»:

Векторы, линейные операции над векторами;

Скалярное, векторное и смешанное произведения;

Приложения векторов;

Прямая на плоскости;

Кривые второго порядка;

Прямая и плоскость в пространстве;
Поверхности второго порядка.

Практический блок модуля «Аналитическая геометрия» содержит следующие задачи, описанные ранее:

1. Полус полюс полярной системы координат совпадает с началом декартовых прямоугольных координат, а полярная ось совпадает с положительной полуосью абсцисс. В декартовой прямоугольной системе координат даны точки $M(0; 5)$, $N(-3; 0)$, $K(\sqrt{3}; 1)$, $P(-\sqrt{2}; -\sqrt{2})$, $O(1; -\sqrt{3})$. Определить полярные координаты этих точек.

На заключительном этапе изучения данного модуля мы должны оценить полученные студентами знания, для этого в блоке выходного контроля реализуем контролирующий механизм, который выполняет диагностирующие функции. В модуле «Аналитическая геометрия» осуществляется текущий контроль в виде самостоятельных работ по каждой теме и итоговый – в виде типового расчета по всем темам модуля. После итогового контроля происходит анализ и подведение итогов достижения целей обучения, коррекция, определение перспективы дальнейшей работы.

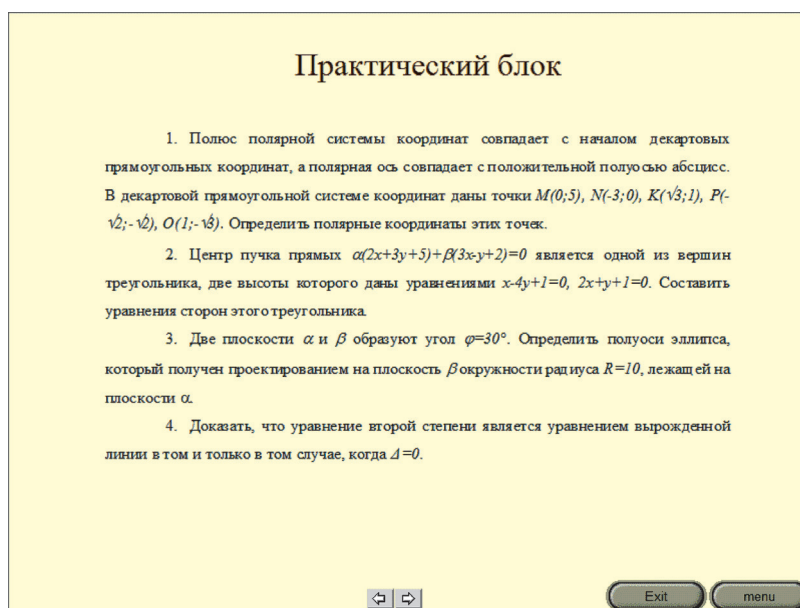


Рис. 6. Вид практического блока учебника

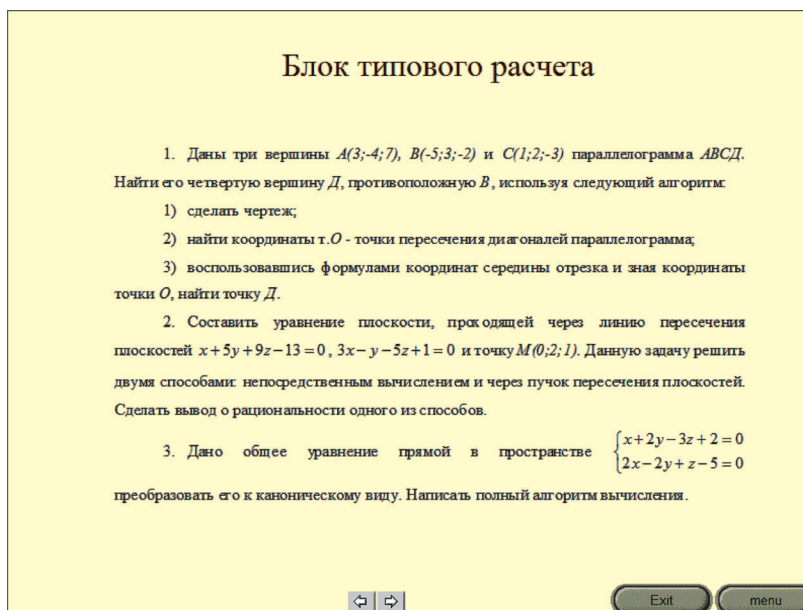


Рис. 7. Вид блока типового расчёта

Представим итоговый *типовой расчет по рассматриваемому модулю*:

1. Даны три вершины $A(3; -4; 7)$, $B(-5; 3; -2)$ и $C(1; 2; -3)$ параллелограмма $ABCD$. Найти его четвертую вершину D , противоположную B , используя следующий алгоритм:

1) сделать чертеж;

2) найти координаты т. O – точки пересечения диагоналей параллелограмма;

3) воспользовавшись формулами координат середины отрезка.

Таким образом, использование модульного обучения в совокупности с применением ИОР при изучении курса математики позволило бы решить часть проблем, встающих перед первокурсниками. К примеру, огромный объем математической информации можно компактно представить в форме модулей, наличием которых решается и проблема отсутствия учебников и задачников. Проблему большой численности студентов на занятиях можно преодолеть обеспечив обучаемых индивидуальными программами и модулями и предоставив им возможность работать независимо от других, самостоятельно организовывая свою учебную деятельность в соответствии не только с требованиями программы, но и со своими способностями и потребностями. Разницу в уровнях базовой подготовки преодолеть путём проработки квалифицированно разработанного модуля, пре-

емственности и разработки системы разноразрядных задач и упражнений.

Список литературы

1. Акимова И.В., Ермолаева Е.И. Организация модульного обучения математике студентов строительного вуза при использовании информационных образовательных ресурсов // В мире научных открытий. – 2011. – № 8. – С. 83–95.
2. Акимова И.В., Ермолаева Е.И. Использование специальных программных средств в математическом моделировании // В мире научных открытий. – 2012. – № 5.4. – С. 85–96.
3. Жидкова А.Е., Титова Е.И. Рекомендации для преподавателей по использованию технологии модульного обучения // Молодой ученый. – 2014. – № 2 (61). – С. 756–757.
4. Титова Е.И., Чапрасова А.В. Некоторые аспекты изучения модуля «Аналитическая геометрия» // Молодой ученый. – 2014. – № 3 (62). – С. 1032–1034.
5. Романкова А.А., Титова Е.И. Проектирование модульной структуры курса высшей математики // Молодой ученый. – 2014. – № 7. – С. 556–557.

References

1. Akimova I.V., Ermolaeva E.I. Organizacija modul'nogo obuchenija matematike studentov stroitel'nogo vuza pri ispol'zovanii informacionnyh obrazovatel'nyh resursov // V mire nauchnyh otkrytij. 2011. no. 8. pp. 83–95.
2. Akimova I.V., Ermolaeva E.I. Ispol'zovanie special'nyh programmnyh sredstv v matematicheskom modelirovanii // V mire nauchnyh otkrytij. 2012. no. 5.4. pp. 85–96.
3. Zhidkova A.E., Titova E.I. Rekomendacii dlja prepodavatelej po ispol'zovaniju tehnologii modul'nogo obuchenija // Molodoj uchenyj. 2014. no. 2 (61). pp. 756–757.
4. Titova E.I., Chaprasova A.V. Nekotorye aspekty izuchenija modulja «Analiticheskaja geometrija» // Molodoj uchenyj. 2014. no. 3 (62). pp. 1032–1034.
5. Romankova A.A., Titova E.I. Proektirovanie modul'noj struktury kursa vysshej matematiki // Molodoj uchenyj. 2014. no. 7. pp. 556–557.

УДК 66.047.57

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО
УРАВНЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ
СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ, УЧИТЫВАЮЩЕЕ
НАЧАЛЬНЫЙ И КОНЕЧНЫЙ ДИАМЕТР, ПЛОТНОСТЬ
И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ ВЫСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА**

Байтуреев А.М.*Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения**«Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати»**Министерства образования и науки Республики Казахстан, Тараз, e-mail: bam150348@mail.ru*

В результате математического моделирования и анализа исследований опытно-промышленных испытаний получено кинетическое уравнение процесса сушки сыпучих и дисперсных материалов в сушильных барабанах со смешанным режимом термообработки, учитывающее начальный и конечный диаметр, плотность и влагосодержание высушиваемого материала.

Ключевые слова: сушильный барабан, угол наклона, термообработка, прямоток, противоток, смешанный режим

**MATHEMATICAL MODELING AND GETTING OF THE KINETIC EQUATION
OF THE DRYING PROCESS IN BARREL TYPE DRYER WITH MIXED REGIME
OF HEAT TREATMENT TAKING INTO ACCOUNT INITIAL AND FINAL:
DIAMETER, DENSITY AND HUMIDITY OF THE DRYING MATERIAL**

Baytureev A.M.*The Republican state government enterprise «Taraz State University after M.H. Dulaty»**of the Ministry Science and Education of the Republic of Kazakhstan, Taraz, e-mail: bam150348@mail.ru*

As a result of mathematical modeling and analysis of the studies, industrial-experienced test, universal kinetic equation of the drying process of the grain materials in barrel type dryer with mixed regime of heat treatment, is received taking into account initial and final: diameter, density and humidity of the drying material.

Keywords: barrel type dryers, slopping corner, heat treatment, directflow, counterflow, mixed mode regime

Тепло- и массообменные процессы сушки в барабанных сушильных агрегатах широко представлены в различных производствах химической, нефтехимической, металлургической, легкой и пищевой промышленности Казахстана и стран СНГ. Они используются в качестве основного технологического оборудования для проведения процессов сушки сыпучих и дисперсных материалов. Широкий спектр областей применения тепло- и массообменных аппаратов показывает их доминирующую роль в вышеперечисленных отраслях промышленности, т.е. они определяют технико-экономические показатели производств.

Анализ показывает, что среди всего многообразия конструкций сушильных установок широкое распространение (более 80%) получили барабанные сушильные агрегаты. Такую популярность они имеют благодаря надежности в работе, простоте конструкции и эксплуатации. Барабанные сушилки универсальны, поскольку позволяют подвергать термообработке широкий спектр материалов, отличающихся как физическими свойствами, так и дисперсным составом (галит, измельченная древесина, семена подсолнечника, семена хлопчатника,

хлопок-сырец и др.). Они позволяют достичь равномерной влажности готового продукта и имеют высокую производительность при небольших рабочих объемах.

Сушка является одной из важнейших операций, определяющих не только качество готовой продукции, но и технико-экономические показатели производства в целом.

Так как процесс сушки является весьма энергоемким, то разработка высокоэффективных сушилок указанного типа и методов повышения их эффективности имеет важное экономическое значение.

Анализ литературных и патентных данных показывает, что на сегодняшний день при проектировании барабанных сушилок используются устаревшие данные и методы расчета. К тому же, на протяжении многих лет комплексных исследований, направленных на интенсификацию процессов тепло- и массообмена в них, практически не проводились, а результаты немногочисленных проведенных работ можно использовать только для решения узких задач, т.к. они связаны либо с конкретным материалом, либо с определенной конструкцией сушилки.

Однако в настоящее время отсутствует научно обоснованная методика расчета тепло- и массообменного процесса сушки, учитывающая особенности начального и конечного диаметра, плотности и влагосодержания материала.

Таким образом, разработка тепло- и массообменного процесса сушки в сушильных барабанах, учитывающая его начальный и конечный диаметр, плотность и влагосодержание материала, является актуальной задачей.

В процессе сушки сыпучих и дисперсных материалов в барабанных сушильных агрегатах с наклоном в сторону загрузки в качестве критерия оптимальности выбрана производительность по сухому продукту (1)–(4) [1]:

$$G = M\Pi(\rho_c \vartheta_c) D_6^2 \cdot t_{\text{вх}}^{0,425}, \quad (1)$$

$$G = \frac{1360\varphi^{0,39} L_6^{0,39} K^{0,34} \cdot \left(\frac{n^2}{1800} \right)^a \cdot D_6^2 (\sin \alpha)^{0,4}}{A^{0,34} d_n^{0,526} \cdot (\rho_c \vartheta_c)^{0,136}} \times \sqrt{\frac{t_{\text{вых}} - 30}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}} + 10}} \cdot (\rho_c \vartheta_c) \cdot D_6^2 \cdot t_{\text{вх}}^{0,426}. \quad (5)$$

В формулах (1)–(5):

G – производительность сушилки по сухому продукту, кг/ч; M ; A – коэффициенты; Π – температурный коэффициент; K – коэффициент влажности; $t_{\text{вх}}$ – температура агента сушки на входе в барабан, °C; $t_{\text{вых}}$ – температура сушильного агента на выходе из барабана, °C; $\rho_c \vartheta_c$ – массовая скорость сушильного агента в барабане, кг/(м²·с); ρ_c – плотность газа (воздуха), кг/м³; ϑ_c – скорость сушильного агента, м/с; D_6 –

где

$$M = \frac{1360\varphi^{0,39} L_6^{0,39} K^{0,34} \cdot \left(\frac{n^2}{1800} \right)^a \cdot D_6^2 \sin \alpha^b}{A^{0,34} d_n^{0,526} \cdot (\rho_c \vartheta_c)^{0,136}}; \quad (2)$$

$$K^{0,34} = \left[\frac{\omega_k}{\omega_n (\omega_n - \omega_k)} \right]^{0,34}; \quad (3)$$

$$\Pi = \sqrt{\frac{t_{\text{вых}} - 30}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}} + 10}}. \quad (4)$$

В результате опытно-промышленных испытаний сушильного барабана со смешанным режимом термообработки [2] и математической обработки экспериментальных данных получено кинетическое уравнение процесса сушки дисперсных материалов (галита) в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки [3]:

диаметр барабана, м; φ – коэффициент заполнения барабана, %; L_6 – длина барабана, м; ω_n и ω_k – начальная и конечная влажность материала, %; n – частота вращения барабана, об/мин; α – угол наклона барабана, град; d_n – начальный средний эквивалентный диаметр частицы (определяется по фракционному составу при просеивании), м.

Коэффициент заполнения барабана – φ определяем по формуле (6) [3]:

$$\varphi = \left[(220 - 30,3\rho_c \vartheta_c - 57\alpha - 15,7\alpha\rho_c \vartheta_c) \ln(28,8 - 4\alpha) - 62\rho_c \vartheta_c n + \right. \\ \left. + 6,46\alpha\rho_c \vartheta_c + 97,8\alpha \cdot n + 3,12n\rho_c \vartheta_c - 127\alpha \cdot t_{\text{вх}} + 4,5\alpha - 12,5\rho_c \vartheta_c - \right. \\ \left. - 44,4n + 0,21 \cdot t_{\text{вх}} - 8,6 \right] \cdot 0,001. \quad (6)$$

Однако вышеуказанное уравнение (5) не учитывает изменения диаметра, плотности и влагосодержания материала в процессе сушки.

Плотность частиц дисперсного материала определяется массой в единице объема частицы [4]:

$$\rho_m = G_m / V_m. \quad (7)$$

Плотность твердой фазы в материале (скелета тела) определяется отношением массы сухого вещества (твердой фазы) к объему, занимаемому сухим веществом [4]:

$$\rho_T = G_T / V_T. \quad (8)$$

Плотность ρ_T называют также плотностью скелета тела, а иногда – истинной плотностью.

Важными характеристиками состояния дисперсных систем является относительная пористость частиц ε_m и пористость неподвижного слоя ε_0 . С помощью этих параметров можно установить связь между плотностями дисперсных систем.

Таким образом, критическую плотность материала [4]

$$\rho_{\text{м.кр}} = \rho_T (1 - \varepsilon_m) + \rho_{\text{ж}} \varepsilon_m \quad (9)$$

можно рассчитывать по плотностям твердой и жидкой фаз, пользуясь принципом аддитивности.

В момент образования агломерата составляющие частички стремятся к максимально

плотной упаковке, что обусловлено стремлением системы к уменьшению свободной энергии [5]. При правильной гексагональной укладке сферических монодисперсных частиц в агломерате относительная пористость (ϵ_m) достигает 0,2595 [4]. Для полидисперсных сферических частиц относительная пористость ϵ_m может достигать 0,15–0,2, для частиц неправильной формы относительная пористость $\epsilon_m \approx 0,4$ [4].

При изменении состояния частицы от суспензии (капли) до агломерата (твердой частицы) размер ее изменяется в соответствии с плотностью и влагосодержанием (влажностью). При этом конечный размер частицы (d_k) ограничен критическим влагосодержанием ($C_{кр}$). Если частицы суспензии способны деформироваться, то плотность и размер агломератов будут изменяться и после достижения критической влажности. Иногда аномальные изменения наблюдаются и на более ранних стадиях. Например, при сушке некоторых коллоидных растворов и латексов плотность вторичных образований уменьшается, а размеры увеличиваются. Это может быть следствием внутреннего парообразования и формирования полых структур [5].

Конечное значение плотности материала (ρ_k) при известной начальной плотности (ρ_n) определяется выражением (10) [4]:

$$\rho_k = \rho_n \left(\frac{d_n}{d_k} \right)^3 \left(\frac{1 + C_k}{1 + C_n} \right), \quad (10)$$

где ρ_n – начальная плотность материала, кг/м³; ρ_k – конечная плотность материала, кг/м³; d_n – начальный диаметр частицы, м; d_k – конечный диаметр частицы после сушки, м; C_n – начальное влагосодержание материала; C_k – конечное влагосодержание материала.

Преобразуем выражение (10) относительно начального диаметра частицы d_n :

$$\left(\frac{d_n}{d_k} \right)^3 = \frac{\rho_k}{\rho_n} \left(\frac{1 + C_n}{1 + C_k} \right); \quad (11)$$

$$\frac{d_n^3}{d_k^3} = \frac{\rho_k}{\rho_n} \left(\frac{1 + C_n}{1 + C_k} \right); \quad (12)$$

$$d_n^3 = d_k^3 \cdot \frac{\rho_k}{\rho_n} \left(\frac{1 + C_n}{1 + C_k} \right); \quad (13)$$

$$d_n = d_k \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_k}{\rho_n} \cdot \frac{(1 + C_n)}{(1 + C_k)}}. \quad (14)$$

Если влажность материала (ω) задана в процентах от общей его массы, то начальное и конечное влагосодержание целесообразно пересчитать по формулам (15), (16) [4]:

$$C_n = \frac{\omega_n}{100 - \omega_n}; \quad (15)$$

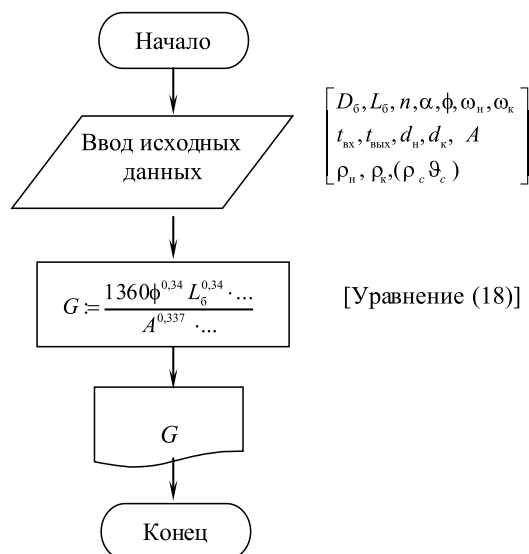
$$C_k = \frac{\omega_k}{100 - \omega_k}. \quad (16)$$

Выразив начальное и конечное влагосодержание C_n и C_k через начальную и конечную влажности ω_n и ω_k согласно выражениям (15), (16), получим

$$d_n = d_k \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_k}{\rho_n} \cdot \frac{\left(1 + \frac{\omega_n}{100 - \omega_n} \right)}{\left(1 + \frac{\omega_k}{100 - \omega_k} \right)}}. \quad (17)$$

В результате преобразования кинетического уравнения (5), т.е. поставив значение начального диаметра d_n (17) и математической обработки с помощью персонального компьютера (ПК) и применения новых инновационных технологий согласно разработанной блок-схеме (рисунок), получено универсальное кинетическое уравнение процесса сушки сыпучих и дисперсных материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки (18), учитывающее начальный и конечный диаметр, плотность и влагосодержание высушиваемого материала:

$$G = \frac{1360\phi^{0,34} L_6^{0,34} \cdot \left(\frac{\omega_k}{\omega_n \cdot (\omega_n - \omega_k)} \right)^{0,34} \left(\frac{n^2}{1800} \right)^{0,21} \cdot D_6^2 (\sin \alpha)^{0,4}}{A^{0,337n} \left(d_k \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_k}{\rho_n} \cdot \frac{\left(1 + \frac{\omega_n}{100 - \omega_n} \right)}{\left(1 + \frac{\omega_k}{100 - \omega_k} \right)}} \right)^{0,526}} \cdot (\rho_c \vartheta_c)^{0,139}} \times \\ \times \sqrt{\frac{t_{\text{вых}} - 30}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}} + 10}} \cdot (\rho_c \vartheta_c) \cdot D_6^2 \cdot t_{\text{вх}}^{0,426}}. \quad (18)$$



Блок-схема алгоритма расчета процесса сушки сыпучих и дисперсных материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки

Уравнение (18) справедливо только для сушильных барабанов, установленных с наклоном в сторону загрузки.

В результате математического моделирования и анализа исследований опытно-промышленных испытаний получено кинетическое уравнение процесса сушки сыпучих и дисперсных материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки, учитывающее начальный и конечный диаметры, плотность и влагосодержание высушиваемого материала.

Список литературы

1. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит. – М.: Лесная промышленность. – 1977. – 383 с.
2. Байтурсев А.М., Турдалиев Т.Т., Байтурсев С.А., Турдалиев Б.Т. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов // Инновационный патент Республики Казахстан № 27779. 2013. Бюл. № 12.
3. Байтурсев А.М. Математическое моделирование и получение критериального уравнения процесса сушки

дисперсных материалов в барабанной сушилке со смешанным режимом термообработки // Химия и химическая технология. Ташкент. – 2009. – № 2(24). – С. 69–71.

4. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. – М.: Химия. – 1978. – 288 с.

5. Ульянов В.М., Овчинников Ю.В. Коллоидный журнал. – 1971. – Т. 33, № 5. – С. 757–763.

References

1. Sterlin D.M. Sushka v proizvodstve fanery i drevesnostruzhechnykh плит. M.: Lesnaya promyshlennost'. 1977. 383 p.
2. Bajtureev A.M., Turdaliev T.T., Bajtureev S.A., Turdaliev B.T. Sposob sushki sypuchih i zernistyh materialov // Innovacionnyj patent Respubliki Kazakhstan no. 27779. 2013. Bjul. no. 12.
3. Bajtureev A.M. Matematicheskoe modelirovanie i poluchenie kriterial'nogo uravnenija processa sushki dispersnyh materialov v barabannoj sushilke so smeshannym rezhimom termooobrabotki // Himija i himicheskaja tehnologija. Tashkent. 2009. no. 2(24). pp. 69–71.
4. Planovskij A.N., Mushtaev V.I., Ul'janov V.M. Sushka dispersnyh materialov v himicheskoy promyshlennosti. M.: Himija. 1978. 288 pp.
5. Ul'janov V.M., Ovchinnikov Ju.V. Kolloidnyj zhurnal. 1971. T. 33, no. 5. pp. 757–763.

УДК 624.131+539.215

НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ

¹Дасибеков А., ²Юнусов А.А., ¹Айменов Ж.Т., ³Юнусова А.А., ¹Саржанова М.Ж¹Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова,
Шымкент, e-mail: Yunusov1951@mail.ru;²Международный гуманитарно-технический университет, Шымкент;³Казахская Академия труда и социальных отношений, Алматы

Данная работа посвящена решению одномерной задачи уплотнения грунтов, обладающих упругоползучим свойством. Здесь часть нагрузки, равная величине структурной прочности сжатия, сразу же воспринимается скелетом грунта. Кроме того, уплотняемый грунт по своей структуре неоднороден. Причем свойство неоднородности грунтового основания учитывается через его модуль деформации, который изменяется по глубине в виде экспоненциальной функции. Для изучения процесса уплотнения грунтового массива в такой постановке под действием различных внешних сил получен ряд расчетных формул. При помощи этих выражений можно определить давление в поровой жидкости, напряжение в скелете неоднородного уплотняемого грунта и вертикальные перемещения точек верхней поверхности земляного массива для любого момента времени.

Ключевые слова: процесс, уплотнение, грунт, прямоугольник, давления, основания, фундамент, граничные условия

HETEROGENEITY OF SOILS UNDERLYING FOUNDATION AS THE MAIN CAUSE OF DAMAGE TO BUILDINGS

¹Dasibekov A., ²Yunusov A.A., ¹Aymenov Z.T., ³Yunusova A.A., ¹Sarzhnova M.Z.¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, e-mail: Yunusov1951@mail.ru;²International gumj-technical universiny, Shymkent;³Kazakh Academy of Labour and Social Affairs, Almaty

The decision one – dimensional task of sealing elastic-creeping soils is considered. The part of leading equal value of structural strength of compression is perceived soil skeleton, moreover the soil is structure unhomogeneous. The unhomogeneously of soil are depend of module of deformation and depth sealing soil massive by expansal law. For different of leading of sealing soil massive. The calculation formulas for by which calculate pressure in poring liquid, stress in skeleton of unhomogeneously of soil and precipitation of sealing massive for any moment of time was received.

Keywords: process, compression, soil, rectangle, pressures, grounds, foundation, border terms

К разработке данной темы подтолкнули разрушения отдельных высотных сооружений, построенных в регионах Южного Казахстана. Безусловно, такие разрушения зданий явились последствием неправильного расчета грунтовых оснований и в основном связаны с тем, что здесь не учитывались вопросы консолидации, ползучести и их неоднородность.

Результаты многочисленных исследований фундаментов и грунтовых оснований жилых сооружений позволяют предположить наличие крупных зон деформации верхней части земной коры, в которых породы обладают пониженной прочностью и по которым могут активно циркулировать подземные воды. Над такими зонами обычно происходят аномальные осадки зданий, результатом которых являются их деформации и повреждения. Этого можно избежать, если при проектировании своевременно учесть некоторые факторы, сильно влияющие на уплотнение массива. Одним из таких факторов является неоднородность грунтов

по составу, генезису, физико-механическим свойствам в основании фундаментов инженерных объектов, обусловленная сложным геолого-тектоническим строением верхней части земной коры того или иного региона Казахстана. Верхняя часть земной коры многих регионов Казахстана характеризуется высокой степенью неоднородности слагающих ее грунтов, пород, и невниманием к таким неоднородностям земляных масс во время проектирования оснований может привести в будущем к повреждениям инженерных сооружений вследствие их неравномерной осадки. В качестве такого примера можно привести некоторые жилые здания, которые не дошли до эксплуатации (рисунок).

В связи с этим в данной работе приведены разработанные реологическая математическая модель и аналитический метод исследования линейного деформирования неоднородного упругоползучего грунтового основания. Здесь математическая модель состоит: из типовой схемы, представляющей

самого основания; из уравнения состояния элементов структуры грунтового основания $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ из системы краевых условий, которые определяются в соответствии с классификацией поставленной задачи как краевой задачи математической физики; из условия равновесия системы; из искомого решения. Причем неоднородность грунтового массива учитывается через модуль его деформации, который в математическом виде может быть представлен в виде экспоненциальной функции глубины, использованной Г.Я. Поповым в [3] при исследовании контактных задач теории упругости, т.е.

$$E = E_0 e^{\alpha z} \quad (0 < \alpha < 1), \quad (1)$$

где E_0 , α – опытные данные. Выражение (1) также использовано в работах [2, 5].

Упругоползучее состояние неоднородного грунта описывается зависимостью вида:

$$\varepsilon_0 - \varepsilon(z, t) = e^{-\alpha z} \left[a_0 \sigma(z, t) - \int_0^t \sigma(z, \tau) \frac{\partial \delta(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau \right]. \quad (2)$$

Здесь мера ползучести неоднородного грунта выражена следующей зависимостью:

$$C(z, \tau, t) = C(\tau, t) e^{-\alpha z}, \quad (3)$$

где a_0 – коэффициент сжимаемости однородного грунта; ε_0 и ε – коэффициенты пористости для начального и конечного

моментов времени; σ – напряжение в скелете грунта; $C(\tau, t)$ – мера ползучести однородного грунта. Она определяется по формуле [4]:

$$C(t, \tau) = a_1 [1 - e^{-\gamma_1(t-\tau)}], \quad (4)$$

где a_1 , γ_1 – параметры ползучести; τ – момент приложения внешней нагрузки; $E(z)$ – модуль общей деформации, зависящий от координаты z ; a_1 , γ – параметры ползучести; $\delta(z, t, \tau)$ – относительная деформация от единичной силы.

Из (4) при величине $C(\tau, t) = 0$ находим выражение, совпадающее с компрессионной зависимостью, которая отражает упругое состояние неоднородного грунта. При значениях $\alpha = 0$, $C(\tau, t) \neq 0$ имеем случай уплотнения упругоползучего однородного грунта. Однако при дальнейшем исследовании считаем, что $\alpha \neq 0$, и этот параметр принимает значения, лежащие только в интервале $(0, 1)$.

Далее пусть грунт считается неоднородной упругоползучей двухфазной средой, и она подвержена действию внешней нагрузки $q(z, t)$. Ее верхняя поверхность уплотняемой грунтовой среды находится под песчаной подушкой, т.е. поверхность водопроницаема, а ее нижняя поверхность водонепроницаема. Тогда граничные условия данной задачи при ламинарном законе Дарси примут вид:

$$\eta P|_{z=0} + \mu \frac{\partial P}{\partial z}|_{z=h} = 0. \quad (5)$$



Жилые здания, которые не дошли до эксплуатации

В (5) при $z = 0$ величина, $\mu = 0$, а при $z = h$ значение $\eta = 0$. Здесь, когда величина $\mu = 0$, первое граничное условие задачи относится к уплотнению слоя грунта с устройством песчаной подушки на нем, а при значении $\mu = 0$, второе граничное условие относится к глубине h , ниже которой фильтрации не происходит. Величина порового давления $P(z, t)$ при $t = \tau_1$ будет равна

$$P|_{t=\tau_1} = q(z, \tau_1) - P_{\text{стр}} = q_0(z, \tau_1), \quad (6)$$

т.е. часть нагрузки, равная величине структурной прочности сжатия $P_{\text{стр}}$ [1], сразу же воспринимается скелетом грунта. Это означает, что любой грунт можно рассматривать как состоящий из отдельных структурных элементов, связанных между собой через контакты силами различной природы. При этом прочность самих структурных элементов намного выше прочности контактов между этими элементами. Поэтому прочность и другие

где

$$Q_k(t) = \frac{1}{(r_k - r_{2k})g_k(\alpha, h)} \times \left\{ \sum_{i=1}^2 (-1)^{3-i} \int_0^h \left[\frac{\partial q}{\partial t} I_{t=\tau_1} + m q(\tau_1) - (m + N v_k^2 - r_{ik}) q(\tau_1) \right] e^{-\alpha z} V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right) + \Pi_k \right\}; \quad (9)$$

здесь

$$\begin{aligned} \Pi_k(\alpha, h) &= \iint_{\tau_1}^h \left[\frac{\partial^2 q(\tau)}{\partial \tau^2} + M \frac{\partial q(\tau)}{\partial \tau} \right] \sum_{i=1}^2 (-1)^i e^{-r_{ik}(t-\tau_1)} e^{-2\alpha z} V_0^2 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right) dz d\tau; \\ M &= \gamma_1 \left(1 + \frac{a_1}{a_0} \right); \quad N = \beta^2 C_v; \\ C_v &= \frac{k(1 + \epsilon_{\text{сп}})}{\gamma_b}; \end{aligned}$$

r_{1i}, r_{2i} – решение следующего квадратного уравнения

$$r^2 + \gamma_1 \left(1 + \frac{a_1}{a_0} \right) r + \lambda^2 C_{1V} = 0.$$

Функции $V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right)$, входящие в (8) и (9), имеют вид:

$$V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right) = K_0(v_k) J_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right) - J_0(v_k) K_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right). \quad (10)$$

Параметр v_k является корнями трансцендентного уравнения вида

$$K_1 \left(v e^{-\frac{\alpha h}{2}} \right) J_0(v) - J_1 \left(v e^{-\frac{\alpha h}{2}} \right) K_0(v) = 0. \quad (11)$$

свойства грунтов определяются в основном прочностью контактов.

Исследуемая задача консолидации неоднородных упругоползучих двухфазных грунтов при (1)–(6) выражениях сводится к решению интегро-дифференциального уравнения вида:

$$LP(z, t) = \frac{k(1 + \epsilon_{\text{сп}})}{\gamma_b} e^{\alpha z} \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} + Lq(z, t). \quad (7)$$

Здесь

$$L = a_0 \frac{\partial}{\partial t} + a_1 \gamma_1 - a_1 \gamma_1^2 K^*;$$

$$K^* P = \int_{\tau_1}^t P(\tau) e^{-\gamma_1(t-\tau)} d\tau.$$

Решение уравнения (7), удовлетворяющее граничным (5) и начальному (6) условиям, можно представить в виде:

$$P(z, t) = \sum_{k=1}^{\infty} Q_k(t) V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha z}{2}} \right), \quad (8)$$

Рассмотрим случай, когда $q(z, t) = q = \text{const}$, тогда давление в поровой жидкости из (8)–(11) вычисляется по следующей формуле:

$$P(z, t) = q_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_{2k}}{r_{2k} - r_{1k}} \left\{ \left[\left(\frac{a_1}{a_0} \gamma_1 + C_{1v} \lambda_k^2 - r_{1k} \right) \cdot e^{-r_{1k} t} \right] - \left[\left(\frac{a_1}{a_0} \gamma_1 + C_{1v} \lambda_k^2 - r_{2k} \right) \cdot e^{-r_{2k} t} \right] \right\} \cdot V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha}{2} z} \right), \quad (12)$$

$$B_{2k} = \frac{\int_0^h e^{-\alpha z} \cdot V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha}{2} z} \right) dz}{B_{3k}}; \quad B_{3k} = \int_0^h e^{-\alpha z} \cdot V_0 \left(v_k e^{-\frac{\alpha}{2} z} \right) dz. \quad (13)$$

Напряжение в скелете грунта вычисляется по формуле:

$$\sigma(z, t) = q_0 - P(z, t). \quad (14)$$

Полученные выражения (12)–(14) соответственно позволяют определить изменения давления в поровой жидкости и напряжений в скелете грунта для любой точки рассматриваемой конечной области уплотнения неоднородного двухфазного грунта, обладающего упругим свойством. После того как определено напряжение в скелете уплотняемого неоднородного грунтового массива, можно вычислить и вертикальные перемещения точек верхней поверхности уплотняемого слоя грунта (осадок). Действительно, если к поверхности слоя грунта приложена некая вертикальная нагрузка, то соответствующая ей осадка $s(t)$ может быть определена по формуле

$$s(t) = \frac{1}{1 + \varepsilon_0} \int_0^h a(z, t) \cdot \sigma(z, t) dz. \quad (15)$$

Определим теперь осадку слоя неоднородного водонасыщенного глинистого грунта по формуле (15), т.е.

$$s^{(H)}(t) = \frac{a_0}{1 + \varepsilon_0} \left\{ \frac{q}{\alpha} (e^{\alpha h} - 1) - \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^h (A_{1i} e^{-r_{1i} t} + A_{2i} e^{-r_{2i} t}) \cdot e^{\alpha z} \cdot W_0 \left(v_i e^{-\frac{\alpha}{2} z} \right) dz \right\}, \quad (16)$$

где

$$A_{1i} = -\frac{B_{2i}}{r_{2i} - r_{1i}} \left(\frac{a_1}{a_0} \gamma_1 + C_{1v} \lambda_i^2 - r_{2i} \right);$$

$$A_{2i} = -\frac{B_{2i}}{r_{2i} - r_{1i}} \left(\frac{a_1}{a_0} \gamma_1 + C_{1v} \lambda_i^2 - r_{1i} \right).$$

Из (16) при $t \rightarrow \infty$ имеем

$$s^{(H)}(\infty) = \frac{a_0}{1 + \varepsilon_0} \left\{ q (e^{\alpha h} - 1) - I_0 \gamma_1 \left[\frac{h}{\alpha} e^{\alpha h} - \frac{1}{\alpha^2} (e^{\alpha h} - 1) \right] \right\}. \quad (17)$$

В работе при помощи формул (12)–(17) произведены вычисления значений порового давления, напряжения в скелете грунта и осадок точек верхней поверхности уплотняемого грунтового массива. При этом одновременный учет ползучести и неоднородности уплотняемого грунта оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние грунтового основания сооружений. Количественное сравнение результатов значений осадок верхней поверхности уплотняемого грунтового массива в начальный момент времени говорит, что для неоднородного грунта они происходят интенсивнее, нежели для однородного уплотняемого массива. Эта разница после некоторого момента времени становится несущественной.

Список литературы

1. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: 1983. – С. 59–66.
2. Абжапбаров А.А. К решению нелинейной двумерной задачи механически упруго-ползучих неоднородных грунтов // Актуальные вопросы развития образования и науки: мат. межд.науч.-теорет.конф., посв. 10-летию образования ЮК ПУ. – Шымкент, 2003. – Т. 2. – С. 371–376.
3. Попов Г.Я. К теории изгиба плит на упругом неоднородном полупространстве // Строительство и архитектура. – 1959. – № 12. – С. 11–19.
4. Флорин В.А. Основы механики грунтов. – М.: Госстройиздат, Т.2. 1961. – С. 60–276.
5. Шириккулов Т.Ш., Дасибеков А.Д., Бердыбаева М.Ж. О трехмерном уплотнении упругоползучих неоднородных грунтов с неоднородными их граничными условиями // Механика и моделирование технологических процессов. – Тараз, 2006. – № 1. – С. 30–35.

References

1. Abelev M.Ju. Stroitel'stvo promyshlennyh i grazhdanskikh sooruzhenij na slabых vodonasysennyh gruntah. M.: 1983. pp. 59–66.
2. Abzhapbarov A.A. K resheniju nelinejnoy dvumernoj zadachi mehanicheski uprugopolzuchih neodnorodnyh gruntov // Aktual'nye voprosy razvitiya obrazovaniya i nauki: mat. mezhd. nauch.-teoret.konf., posv. 10-letiju obrazovaniya JuK PU. Shymkent, 2003. T. 2. pp. 371–376.
3. Popov G.Ja. K teorii izgiba плит na uprugom neodnorodnom poluprostanstve // Stroitel'stvo i arhitektura. 1959. no. 12. pp. 11–19.
4. Florin V.A. Osnovy mehaniki gruntov. M.: Gosstrojizdat, T.2. 1961. pp. 60–276.
5. Shirinkulov T.Sh., Dasibekov A.D., Berdybaeva M.Zh. O trehmernom uplotnenii uprugopolzuchih neodnorodnyh gruntov s neodnorodnymi ih granichnymi uslovijami // Mehanika i modelirovanie tehnologicheskikh processov. Taraz, 2006. no. 1. pp. 30–35.

УДК 534.014,621.802

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ И ПОВЕРХНОСТИ С УЧЕТОМ НЕУДЕРЖИВАЮЩИХ СВЯЗЕЙ

¹Елисеев А.В., ²Копылов Ю.Р.¹ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщений»,
Иркутск, e-mail: eavsh@ya.ru;²ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»,
Воронеж, e-mail: urkopulov@mail.ru

Рассматриваются особенности динамических взаимодействий твердого тела с вибрирующей поверхностью на основе использования обобщенных форм описания проявлений неудерживающих связей. Разрабатываются математические модели динамических взаимодействий при введении дополнительных внешних сил и упругих связей, влияющих как на формирование условий нарушения контакта, так и на траектории движения в фазе свободного подлета. Предлагаются подходы к разработке математических моделей для определения условий формирования динамических реакций в колебательной структуре, состоящей из нескольких соединенных между собой элементов, в том числе с возможностями их предварительного прижатия за счет упругих связей и силовых факторов. В исследовании поставленных задач используются методы теоретической механики, теории механизмов и машин, теории колебаний, теории автоматического управления, а также методы прикладной математики и вычислительного моделирования.

Ключевые слова: неудерживающие связи, вибрационное упрочнение, вибрация сыпучей среды, вибрации твердого тела, непрерывное подбрасывание, вибрационное поле

CERTAIN QUESTIONS OF DYNAMICS OF VIBRATING INTERACTION GRANULAR MEDIA AND SURFACES WITH UNILATERAL CONSTRAINTS

¹Eliseev A.V., ²Kopylov Y.R.¹FGBOU VPO «Irkutsk State Transport University», Irkutsk, e-mail: eavsh@ya.ru;²FGBOU VPO «Voronezh State Technical University», Voronezh, e-mail: urkopulov@mail.ru

The features of the dynamic interaction of a solid with a vibrating surface based on the use of generalized forms of description of the manifestations of unilateral constraints are considered. Mathematical models of dynamic interactions with the introduction of additional external forces and elastic ties that affect both the formation conditions of poor connection, and the path of movement during free of approach are developed. Approaches to the development of mathematical models to determine the conditions for the formation of dynamic reactions in the vibrational structure consisting of several interconnected elements, including with the possibility of pre-pressing by elastic ties and power factors are proposed. Methods of theoretical mechanics, theory of mechanisms and machines, oscillation theory, control theory and methods of applied mathematics and computational modeling are used to solve objectives of the study.

Keywords: unilateral constraints, vibration hardening, granular medium vibration, the vibration of a solid, the continuous tossing, vibrational field

Вибрационные технологические процессы получили широкое распространение в производственных системах, относящихся к различным отраслям техники [1, 2]. Вибрации активно используются в технологиях обработки деталей, таких как вибрационное резание материалов, виброгалтовка, вибрационное упрочнение и др. [3].

Задача исследования заключается в разработке метода построения математических моделей динамических процессов взаимодействия обрабатываемых деталей и сыпучей среды, адекватно отражающих особенность технологического процесса как со стороны формирования необходимой структуры вибрационного поля, так и учета возникающих особенностей в технологическом процессе виброупрочнения поверхности детали путем периодического

виброударного контактирования с сыпучей рабочей средой.

Методологические основы оценки динамического контакта для твердых тел с одной точкой контакта для режимов с кратным периодом подбрасывания

Разработаны подходы к построению математических моделей, отражающих особенности динамических взаимодействий, характерных для технологических процессов вибрационного упрочнения. Технологические эффекты достигаются в периодических виброударных контактах рабочей среды из мелких стальных шариков и вибрирующей рабочей поверхности обрабатываемой детали. Рассматриваемые модели предполагают возможность реализации фазы свободного подлета.

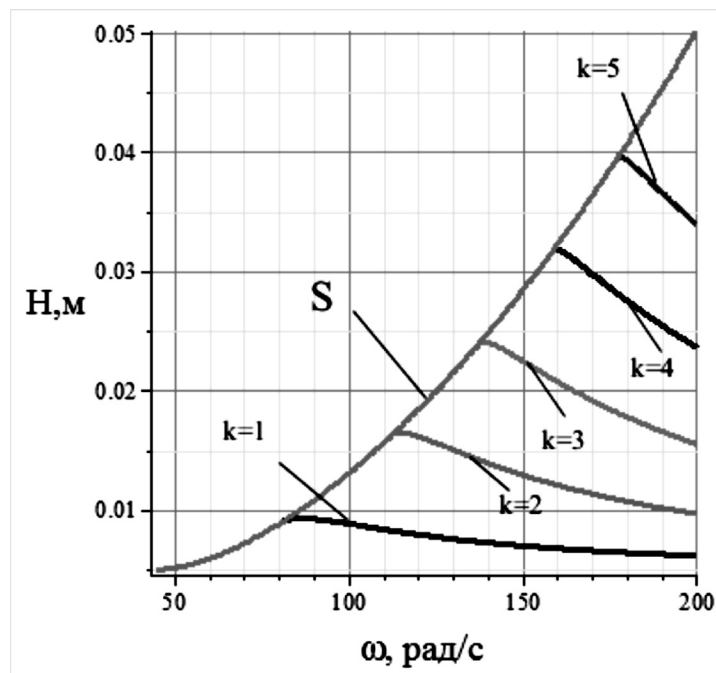


Рис. 1. Высота подлета для точек второго и третьего порядка при реализации режима подбрасывания в одно касание

На основе теоретических оценок разрабатываются представления о требованиях к особенностям движения отдельных частиц, формирующих рациональные параметры процесса вибрационного упрочнения. Для оценки особенностей формирования свободного подлета используется функция зазора, которая представляет собой теоретический аппарат для оценки возможностей реализации различных режимов непрерывного подбрасывания [4]. На рис. 1 представлены характеристики режимов подбрасывания элементов рабочей среды с учетом дифференциального критерия отрыва с использованием функции зазора.

В соответствии с рис. 1 графиком S представлены величины высот подлета материальной частицы с отрывом в точке третьего порядка в зависимости от частоты колебания поверхности. Кривые $k = 1, \dots, k = 5$ представляют величины высот подлета частиц с отрывом в точках второго порядка кратности k .

Метод оценки условий сохранения динамического контакта для составного твердого тела с учетом неустойчивающего характера связей

Рассматриваются математические модели твердых тел с использованием упругих связей при вибрациях опорной поверхности и возможностью нарушения контакта. На рис. 2 представлен пример

математической модели, в которой условие нарушение контакта определяется параметрами массоинерционных и упругих связей.

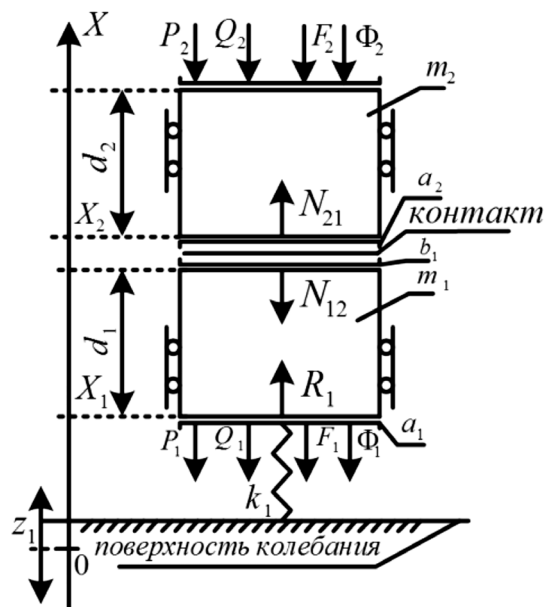


Рис. 2. Составное твердое тело на упругом колеблющемся основании

На рис. 2 плоскость Z_1 представляет собою опорную поверхность колебания; P_i – силы вязкого трения; Q_i – силы тяжести; F_i – постоянные силы; N_{12}, N_{21} полные контактные реакции; a_2 ,

b_1 – контактные поверхности. Два элемента составного твердого тела с массами m_1 и m_2 находятся в неударяющем контакте.

Получены граничные условия совместных движений, при которых вибрация основания не приводит к нарушению контакта. Вводится понятие о полной и динамической реакциях, предлагается методика расчетов. Получены аналитические условия, определяющие контактные движения. В зависимости от параметров систем условие контактного движения принимает вид

$$\sqrt{\frac{(m_2 k_1 \omega_1^2)^2 + (p_2 k_1 \omega_1)^2}{(k_1 - (m_1 + m_2) \omega_1^2)^2 + ((p_1 + p_2) \omega_1)^2}} \cdot A_1 < (*)$$

$$< m_2 g + f_c,$$

где k_i – жесткости элементов; p_i – коэффициенты вязкого трения; f_c – постоянная сила; ω_1 и A_1 – частота и амплитуда колебаний опорной поверхности.

Неравенство (*) представляет аналитическую зависимость между параметрами системы, обеспечивающими контактное движение составного твердого тела в установившемся режиме в виде амплитудно-частотной области контакта [5–7].

Методы параметрического регулирования динамического контакта с учетом неударяющего характера связей. Измерительные устройства для фиксации условий вибрационного взаимодействия при неударяющих связях. Некоторые приложения

На основе аналитических условий контактного колебания составных твердых тел предложены подходы к регулированию контактного взаимодействия. Для регистрации различных состояний вибрационных взаимодействий разработан опытный датчик определения граничных режимов взаимодействия тел в вибрационных системах [8]. Принципиальная схема датчика приведена на рис. 3.

В соответствии с рис. 3 представлены следующие составляющие: поверхность вибростола – 5; цилиндрический корпус датчика – 1; инерционный элемент рабочей среды – 2; пьезоэлектрический элемент – 3; крепежный элемент – 4; токовыводы – 6.

Представленные исследования позволяют разрабатывать обобщенные подходы к задачам определения контактных реакций в твердых телах при статических и динамических нагрузках с учетом неударяющих связей. Вместе с тем сформированный

теоретический базис выступает основой для формирования концепции взаимодействия слоя рабочей среды с обрабатываемой поверхностью.

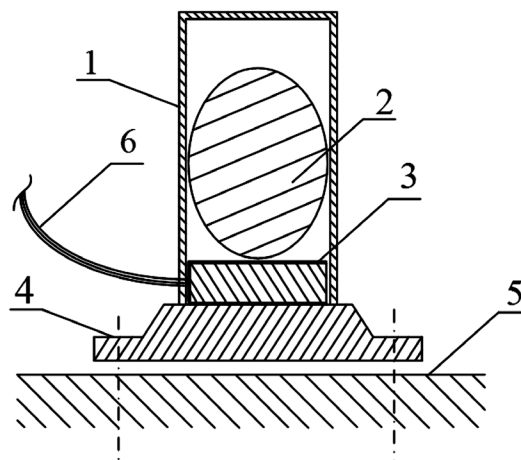


Рис. 3. Принципиальная схема датчика

Заключение

На основе исследований могут быть сделаны следующие выводы.

1. Разработан обобщенный подход для задач динамического синтеза вибрационных технологий, реализуемых в режимах непрерывного подбрасывания. Основой подхода является введение понятия о функции зазора, позволяющей обосновать построение траекторий движений материальных частиц в соответствии с определенными критериями, отражающими свойства траекторий движения материальных частиц во взаимодействии с вибрирующей поверхностью.

2. Разработан метод построения математических моделей и определения условий беззачерпного движения системы элементов или твердых тел, состоящих из нескольких соприкасающихся частей. Метод представляет собою совокупность последовательных действий по составлению расчетной схемы механической колебательной системы с выделением элементов, образующих между собой неударяющие связи; определение статических и динамических реакций; преобразование Лапласа системы дифференциальных уравнения движения исходной механической системы; составление неравенства на основе амплитудно-частотных характеристик; определение функции критической амплитуды для простого контакта (минимума критических амплитуд для сложного контакта) и аналитико-графическое представление функции критической амплитуды и параметров, удовлетворяющих составленному

неравенству, определяющего условия движения исходной системы без возникновения зазоров в режиме установившихся колебаний.

3. На основе аналитических исследований и численного моделирования установлено, что зависимость контактного взаимодействия от вязкого трения, жесткости упругих элементов и масс фрагментов твердых тел определяется частотой колебания опорных поверхностей. При различных частотах колебаний изменение обобщенных параметров, характеризующих вязкость, жесткость элементов и массу фрагментов системы, может способствовать контакту или приводить к нарушению условий контакта. Установлено также, что в зависимости от частоты колебания существуют диапазоны масс нарушения контактного взаимодействия. Влияние жесткости на контактное взаимодействие определяется частотой колебания опорных поверхностей.

Список литературы

1. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Наука, 1994. – 400 с.
2. Вибрации в технике. Справочник. Т 4. Вибрационные процессы и машины / под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение. 1981. – 509 с.
3. Копылов Ю.Р. Динамика процессов виброударного упрочнения: монография. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2011. – 568 с.
4. Елисеев А.В. Теоретические основы процессов взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью с неударяющими связями / А.В. Елисеев, И.С. Ситов // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 4. – С. 19–29.
5. Елисеев А.В. Определение контактных реакций в составных твердых телах при динамических нагрузках с учетом неударяющих связей / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014. – № 1. – С. 45–54.
6. Елисеев А.В. Технология оценки свойств динамических взаимодействий в контактах составных твердых тел // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 1–2. – С. 179–183.
7. Елисеев А.В. Неударяющие связи в динамических взаимодействиях сыпучей среды и вибрирующей поверхности: научно-методологическое обоснование технологии вибрационного упрочнения / А.В. Елисеев, С.В. Елисеев, А.Г. Пнев, В.Б. Кашуба, И.С. Ситов // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 3(23). – С. 17–31.
8. Патент РФ 148250. Датчик определения граничных параметров взаимодействия тел в вибрационных системах / А.В. Елисеев, А.И. Артюнин, С.В. Елисеев, Е.В. Каимов; Заявл 05.05.2014. Опул. 27.11.2014. Бюл. № 33.

References

1. Blehman I.I. Vibracionnaja mehanika. M.: Nauka, 1994. 400 p.
2. Vibracii v tehnike. Spravochnik. T 4. Vibracionnye processy i mashiny / Pod red. Je.Je. Lavendela. M.: Mashinostroyeniye. 1981. 509 p.
3. Kopylov Ju.R. Dinamika processov vibroudarnogo uprochneniya: monografija. Voronezh: IPC «Nauchnaja kniga», 2011. 568 p.
4. Eliseev A.V. Teoreticheskie osnovy processov vzaimodejstviya material'noj chasticy s vibrirujushhej poverhnost'ju s neuderzhivajushimi svyazjami / A.V. Eliseev, I.S. Sitov // Sistemy. Metody. Tehnologii. 2012. no. 4. pp. 19–29.
5. Eliseev A.V. Opredelenie kontaktnyh reakcij v sostavnyh tverdyh telah pri dinamicheskikh nagruzkah s uchetom neuderzhivajushhih svyazej / S.V. Eliseev, A.V. Eliseev // Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. 2014. no. 1. pp. 45–54.
6. Eliseev A.V. Tehnologija ocenki svojstv dinamicheskikh vzaimodejstvij v kontaktah sostavnyh tverdyh tel // Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2014. no. 1–2. pp. 179–183.
7. Eliseev A.V. Neuderzhivajushhie svyazi v dinamicheskikh vzaimodejstvijah sypuchej sredy i vibrirujushhej poverhnosti: nauchno-metodologicheskoe obosnovanie tehnologii vibracionnogo uprochneniya / A.V. Eliseev, S.V. Eliseev, A.G. Pnev, V.B. Kashuba, I.S. Sitov // Sistemy. Metody. Tehnologii. 2014. no. 3(23). pp. 17–31.
8. Patent RF 148250. Datchik opredelenija granichnyh parametrov vzaimodejstviya tel v vibracionnyh sistemah / A.V. Eliseev, A.I. Artjunin, S.V. Eliseev, E.V. Kaimov; Zajavl 05.05.2014. Opubl. 27.11.2014. Bjul. no. 33.

УДК 629.113

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740

Ерофеев А.Ю., Бердников А.А.

ФГКВООУ ВПО «Пермский военный институт внутренних войск МВД России»,
Пермь, e-mail: aa-berdnikov@mail.ru

Основным агрегатом любого образца автомобильной техники является двигатель. Работоспособность двигателя определяет работоспособность и автомобиля в целом. Выход из строя деталей двигателя так или иначе сопровождается нарушением нормального температурного режима его работы, который в свою очередь обеспечивает система охлаждения. Одним из элементов системы охлаждения является вентилятор, конструкция привода которого играет важную роль в поддержании оптимальной температуры работы двигателя. Существует несколько видов привода вентилятора: механический, электрический, гидравлический, электромагнитный. В статье рассматривается возможность модернизации электромагнитного привода вентилятора системы охлаждения двигателя КамАЗ. Предложена конструкция электромагнитной муфты, обеспечивающая надежную работу привода вентилятора, отключение вентилятора в автоматическом режиме и позволяющая сохранять работоспособность привода даже в случае неисправности электрической цепи.

Ключевые слова: система охлаждения, электромагнитная муфта, привод, вентилятор

MODERNIZATION ELECTROMAGNETIC DRIVE FAN MOTOR KAMAZ-740

Erofeev A.Y., Berdnikov A.A.

Perm Military Institute of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Perm, e-mail: aa-berdnikov@mail.ru

The basic unit of any specimen of automotive technology, is the engine. Capacity for work of the engine determines the performance and the car as a whole. Failure of the engine parts, anyway, accompanied by a disruption of the normal temperature of his work, which in turn provides a cooling system. One of the elements of the cooling system is fan drive design which plays an important role in maintaining optimal temperatures of the engine. There are several types of fan drive: mechanical, electric-sky, hydraulic solenoid. The article discusses the possibility of upgrading electron-electromagnetic drive cooling fan motor KAMAZ. The design of the magnetic coupling, providing reliable operation of the fan drive, disabling Vent-tor in automatic mode and allows you to continue to operate the drive, even if the non-working electrical circuit.

Keywords: cooling system, magnetic clutch, drive, fan

На сегодняшний день во всех отраслях жизнедеятельности современного общества широко применяется автомобильная техника. Исходя из задач, выполняемых данной техникой, к ее узлам и агрегатам предъявляются соответствующие требования.

Основным агрегатом любого образца автомобильной техники является двигатель. Соответственно, работоспособностью двигателя определяется работоспособность и машины в целом. Выход из строя деталей двигателя так или иначе сопровождается нарушением нормального температурного режима его работы, который в свою очередь обеспечивает система охлаждения двигателя.

Наиболее распространенной в современных двигателях является закрытая жидкостная система охлаждения, в конструкции которой присутствуют жидкостный насос, рубашка охлаждения, термостаты, радиатор, расширительный бачок, вентилятор с приводом, жалюзи (либо шторка), диффузор радиатора, соединительные патрубки и шланги, а также контрольно-измерительные приборы.

Вентилятор – неотъемлемая часть системы охлаждения любого современного автомобильного двигателя. Он служит для повышения интенсивности охлаждения жидкости в радиаторе. Вентилятор может иметь различные приводы. Механический привод осуществляет передачу вращения на вентилятор от коленчатого вала посредством шестеренчатой либо клиноременной передачи, а также посредством упругих и неупругих муфт. Преимуществом данного привода является его простота. Однако существенным недостатком данного привода является отсутствие возможности кратковременного отключения вентилятора, для обеспечения меньшего отвода тепла от радиатора и, как следствие этого, переохлаждение двигателя. Решением данной проблемы является применение приводов, предусматривающих своей конструкцией возможность отключать и включать вентилятор при необходимости как в автоматическом, так и в принудительном режиме. К ним относятся вязкостные, гидродинамические, а также электромагнитные муфты.

Основным недостатком вязкостных и гидродинамических муфт является сложность их конструкции, следствие – высокая стоимость.

Конструкция электромагнитных муфт более простая, что делает их дешевле. Также имеется возможность применять данную муфту совместно с механическим приводом. Так, например, на двигателях семейства КамАЗ устанавливается электромагнитная муфта, изображенная на рис. 1. Управление работой данной муфты осуществляется при помощи термобиметаллического датчика, который при повышении температуры охлаждающей жидкости выше рабочей замыкает электрическую цепь, при этом электрический ток подается на электрическую катушку с металлическим сердечником, неподвижно закрепленную внутри вращающегося шкива, вследствие чего возникает магнитное поле. Под действием магнитных сил ведомый диск, закрепленный на ступице вентилятора, притягивается к шкиву, в результате чего вентилятор начинает вращаться вместе со шкивом. Недостатком данного привода является то, что при отсутствии электрического тока в цепи передача крутящего

момента на вентилятор не будет осуществляться. Это может привести к перегреву двигателя и выходу его из строя.

Исходя из этого, целесообразно изменить конструкцию данного привода таким образом, чтобы передача крутящего момента на вентилятор осуществлялась даже в случае неисправности электрической цепи.

В качестве решения данной задачи предлагается конструкция электромагнитной муфты, изображенная на рис. 2.

Предлагаемая электромагнитная муфта привода вентилятора состоит из шкива, неподвижной электромагнитной катушки, подшипника, ступицы вентилятора, колодок с фрикционными накладками и распорных пружин. Ее работа осуществляется следующим образом. Шкив получает постоянное вращение от коленчатого вала двигателя. Через выступы шкив входит в зацепление с фрикционными накладками, которые под действием распорных пружин плотно прижимаются к ступице вентилятора. При этом вентилятор приводится в движение. При вращении на колодки также действуют центробежные силы, которые увеличивают прижатие колодок и исключают проскальзывание вентилятора.

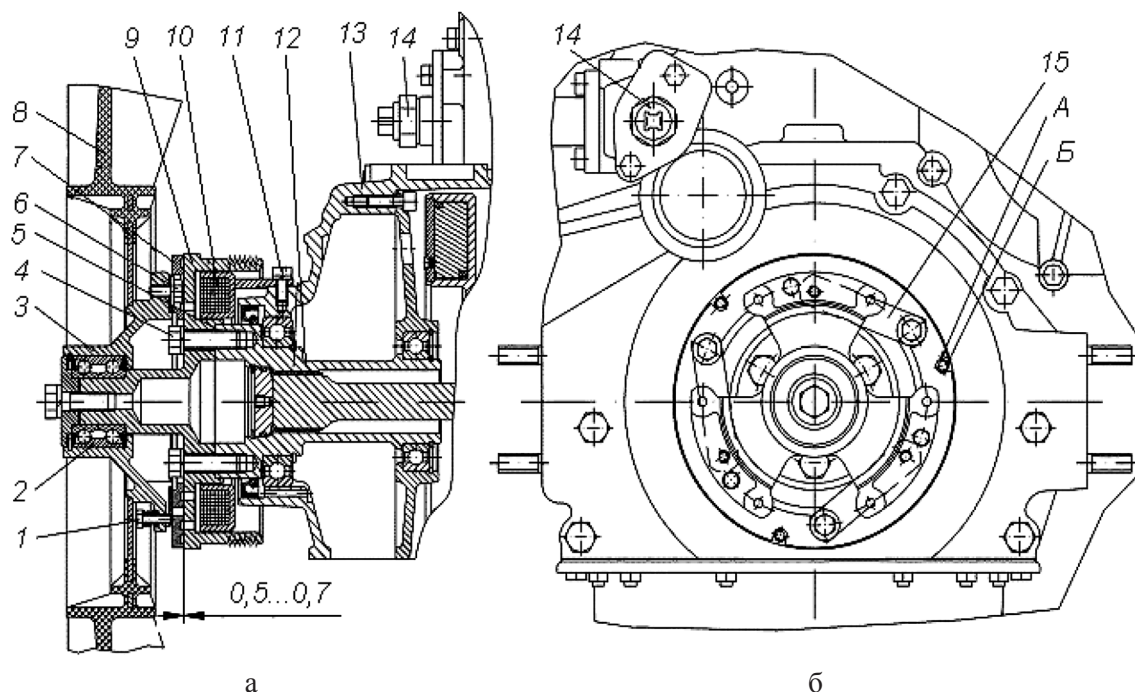


Рис. 1. Электромагнитная муфта привода вентилятора:
а – вырез фрикционного диска; б – резьбовое отверстие шкива; 1 – болт регулировочный; 2 – подшипник; 3 – ступица вентилятора; 4 – болт крепления шкива; 5 – прокладка; 6 – болт крепления фрикционного диска; 7 – диск фрикционный; 8 – вентилятор; 9 – шкив привода генератора и жидкостного насоса; 10 – катушка электромагнитная; 11 – болт крепления электромагнитной катушки; 12 – вал отбора мощности; 13 – крышка передняя блок-картера; 14 – датчик включения вентилятора; 15 – пластина пружинная

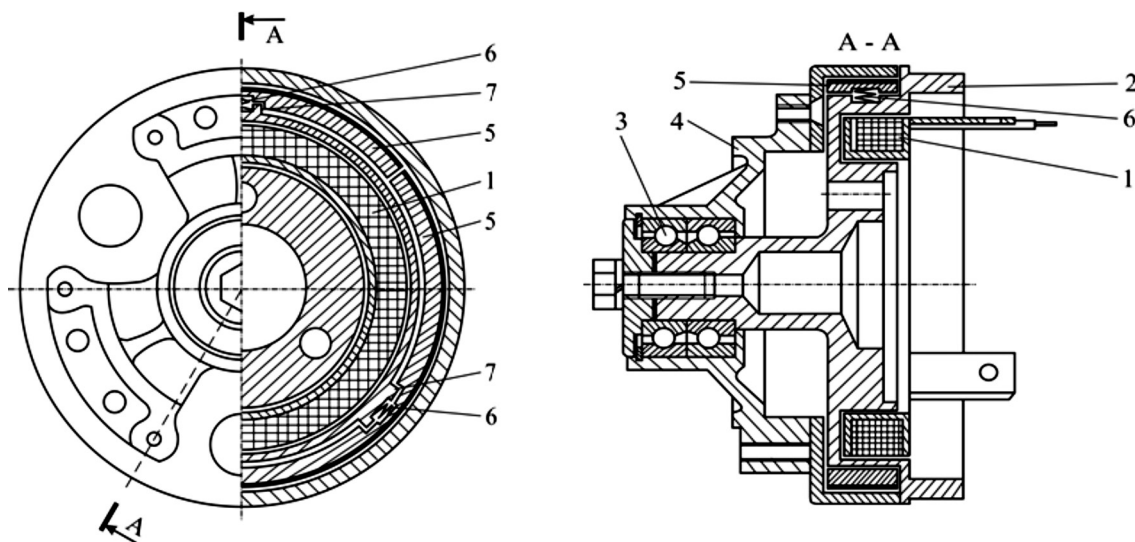


Рис. 2. Электромагнитная муфта привода вентилятора:
 1 – неподвижная электромагнитная катушка; 2 – шкив; 3 – подшипник;
 4 – ступица вентилятора; 5 – колодки с фрикционными накладками;
 6 – распорные пружины; 7 – выступы шкива

При понижении температуры охлаждающей жидкости ниже рабочей термометаллический датчик, установленный в потоке охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения, замыкает электрическую цепь. При этом электрический ток поступает в электромагнитную катушку, вследствие чего возникает магнитное поле. Под действием магнитного поля колодки преодолевают сопротивление распорных пружин и центробежных сил и выходят из зацепления со ступицей вентилятора, при этом вращение вентилятора прекращается, и обдув радиатора не осуществляется.

С повышением температуры охлаждающей жидкости выше рабочей термометаллический датчик снова размыкает электрическую цепь. При этом магнитное поле исчезает, и колодки под действием распорных пружин и центробежных сил прижимаются к ступице. Вентилятор снова включается в работу.

Таким образом, при помощи данной конструкции, можно использовать электромагнитную муфту в качестве привода вентилятора. При этом возможность прекращения вращения вентилятора вследствие неисправности электрической цепи исключается. При всем этом, предлагаемая муфта сохраняет геометрические размеры исходной электромагнитной муфты, что позволит осуществить их взаимозаменяемость. На предложенную

конструкцию подана заявка в Роспатент на полезную модель.

Список литературы

1. Бердников А.А. Устройство, работа и регулировка дизеля КамАЗ-740.30-260: учеб. пособие / А.А. Бердников, Ю.А. Будорагин, К.Е. Недоцуков, Ю.Л. Попов. – Челябинск: ЧВВАКИУ, 2007. – 120 с.
2. Ряховский О.А. Справочник по муфтам / О.А. Ряховский, С.С. Иванов – Л.: Политехника, 1991. – 384 с.
3. Стуканов В.А. Устройство автомобилей: учебное пособие / В.А. Стуканов, К.Н. Леонтьев – М.: ИД «ФОРУМ»; ИНФРА-М, 2013. – 496 с.
4. Подчинок В.М. Эксплуатация военной автомобильной техники. – Рыбинск: Издание ОАО «РДП», 1997. – 534 с.
5. Пат. № 97574, Российская Федерация, МПК H02K 9/06 (2006.01) Электромагнитная муфта привода вентилятора / Бердников А.А., Гурин А.С. заявители и патентообладатели Бердников А.А., Гурин А.С. – № 2010106527; заявл. 24.02.10 г. Бюл. № 25. – 2 с.

References

1. Berdnikov A.A. Ustrojstvo, rabota i regulirovka dizelja KamAZ-740.30-260: ucheb. posobie / A.A. Berdnikov, Ju.A. Budoragin, K.E. Nedocukov, Ju.L. Popov. Cheljabinsk: ChVVAKIU, 2007. 120 p.
2. Rjahovskij O.A. Spravochnik po muftam / O.A. Rjahovskij, S.S. Ivanov L.: Poli-tehnika, 1991. 384 p.
3. Stukanov V.A. Ustrojstvo avtomobilej: uchebnoe posobie / V.A. Stukanov, K.N. Le-on't'ev M.: ID «FORUM»; INFRA-M, 2013. 496 p.
4. Podchinok V.M. Jekspluatacija voennoj avtomobil'noj tehnik. Rybinsk: Izda-nie ОАО «RDP», 1997. 534 p.
5. Pat. no. 97574, Rossijskaja Federacija, MPK N02K 9/06 (2006.01) Jeletromagnitnaja mufta privoda ventiljatora / Berdnikov A.A., Gurin A.S. zajaviteli i patentoobladateli Berdnikov A.A., Gurin A.S. no. 2010106527; zajavl. 24.02.10 g. Bjul. no. 25. 2 p.

УДК 629.113

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МЕСТО УСТАНОВКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ТАБЛО

Интыков Т.С., Кадыров А.С., Балабекова К.Г.

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда,
e-mail: 06_03_92@mail.ru, sapargk@mail.ru*

В статье раскрывается актуальность создания систем интеллектуальной транспортной системы, описывается структура передаваемых со стороны транспортного средства в динамическую сеть. Приводится описание гипотез на ряде логико-математических заключений.

Ключевые слова: интеллектуальное транспортное средство, динамическое информационное табло, взаимодействие интеллектуальных транспортных средств, вероятность

ESTABLISHING DEPENDENCIES THAT DETERMINE THE INSTALLATION LOCATION OF THE DYNAMIC INFORMATION BOARD

Intykov T.S., Kadyrov A.S., Balabekova K.G.

Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: 06_03_92@mail.ru, sapargk@mail.ru

The article explains the importance of establishing a system of intelligent transport systems, structure transmitted from the vehicle into a dynamic network. The description of the hypotheses on the number of logical – mathematical conclusions.

Keywords: intelligent vehicle dynamic information display, interaction of intelligent vehicles probability

Рост автомобильного парка республики негативно сказывается на безопасности дорожного движения (здесь и далее БДД). В последние годы в связи с резким увеличением числа автотранспортных средств (здесь и далее АТС), бурным освоением селитебных зон ситуация на автомобильных дорогах города Караганды значительно осложнилась. Особенно остро проблема проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети (здесь и далее УДС). Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения и возникают дорожно-транспортные происшествия (здесь и далее ДТП). Следует отметить, что темпы автомобилизации ежегодно увеличивают парк транспортных средств города в среднем на 5–12%, а от роста его уровня зависит и насыщенность города техническими средствами организации дорожного движения (ТС ОДД). Поэтому одним из наиболее важных элементов УДС, к качеству проектирования которых предъявляются очень высокие требования, являются регулируемые пересечения, характеризующиеся более сложными условиями движения.

В последние годы в этом направлении произошёл ряд существенных изменений. Активно развиваются научные исследования в области развития теории транспортных потоков, их моделирования на макро и микроуровне, позволяющие с высокой степенью достоверности решать широкий

спектр задач по прогнозированию характеристик транспортных потоков. Разработаны методы, алгоритмы и программное обеспечение оптимизации транспортных сетей и решения транспортных задач с учетом характеристик улично-дорожных сетей [1].

Произошел качественный скачок в разработке и выпуске мощных информационных компьютерных систем, развитии различных современных видов связи, эффективных навигационных систем, технических средств сбора и обработки информации о характеристиках транспортных потоков и дорожной сети, технических средств организации дорожного движения [2].

Это позволяет ставить вопрос о решении проблем организации перевозок и управления движением как для отдельных автомобилей, так и транспортных потоков на дорожной сети в целом на качественно новом, более высоком уровне.

Развитые страны мира при организации и управлении движением и перевозками на сети автомобильных дорог все активнее используют технологии интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [3]. Отдельные элементы ИТС реализованы и эффективно используются в отечественной практике. Укрепилась устойчивая тенденция дальнейшего совершенствования и внедрения таких систем при организации перевозок и движения [4]. Анализ зарубежного опыта построения и развития ИТС, принципы их интеграции, использования

при осуществлении грузовых и пассажирских перевозок, при управлении дорожным движением позволяет сделать вывод о высокой их эффективности, технической возможности и целесообразности использования на автомобильном транспорте.

В работах ряда авторов [5] говорится, что расстояние должно быть по возможности наикратчайшим, но у водителя должно также оставаться не только достаточно времени для восприятия информации из движущегося автомобиля, но и запас расстояния для совершения необходимого маневра. С другой стороны, на расстояние установки влияет удаленность точки начала восприятия водителем информации с ИН из движущегося автомобиля. Эта точка совпадает с расстоянием видимости информации на ИН (максимальное расстояние, позволяющее прочесть или опознать ИН). Указанные выше положения применим к ДИТ и изобразим в виде схемы (рисунок), из которой видно, что [6]:

$$L_B + L_y = L_{n.p.} + L_M \quad (1)$$

где L_B – расстояние видимости букв на ДИТ, м; L_y – искомое минимальное расстояние установки ДИТ, м; $L_{n.p.}$ – расстояние, которое пройдет транспортное средство (здесь и далее ТС) за время от момента замечания ДИТ до момента принятия решения о совершении маневра, м; L_M – расстояние, необходимое для совершения маневра, м.

При подъезде к ДИТ ТС далеко не всегда находится на полосе совершения маневра и обычно движется со скоростью, заведомо большей, чем скорость безопасного маневра. Расстояние, необходимое для совершения маневра, зависит от времени перестроения, которое является функцией плотности транспортного потока.

В соответствии с вышеизложенной гипотезой и на основании ряда логико-мате-

матических заключений L_y представлена в виде [7]

$$L_y = (0,075 \cdot n_{cl} \cdot V_1 + 0,7 \cdot V_1) + (0,28 \cdot V_1 \cdot t_n (n-1) + 0,02 \cdot (V_1^2 - V_2^2)) - (250 \cdot h), \quad (2)$$

где n_{cl} – количество слогов, цифр и стрелок на ДИТ; V_1 – 85%-я скорость свободного движения транспортных средств на подходе к предполагаемому месту установки ДИТ либо максимально разрешенная скорость на участке, км/ч; V_2 – 85% скорость поворачивающих (съезжающих) транспортных средств, км/ч; t_n – время перестроения между соседними полосами движения, с; n – количество попутных полос движения; h – высота букв на ДИТ, м; 0,28 – коэффициент, учитывающий пересчет км/ч в м/с; 0,02 – коэффициент замедления с комфортными условиями (при постоянном замедлении 1,9 м/с²); 0,075 – коэффициент учета скорости прочтения слога (при скорости 0,27 слог/с); 0,7 – коэффициент учета времени осмысления информации (при времени осмысления 205 с).

Как видно, рассмотренная выше модель определяла так называемое перестроение только с одной полосы, то есть при отсутствии препятствий. Однако это не всегда применимо, так как могут возникнуть условия, при которых вероятность возникновения препятствия будет достаточно высока. Кроме этого недостатком этой модели является то, что она рассматривает перестроение только с одной полосы. А в городах в основном полосы движения достигают четырех.

После анализа существующей математической модели определения минимального расстояния установки ДИТ от транспортного узла и сделан вывод о необходимости разработки более уточненной математической модели.

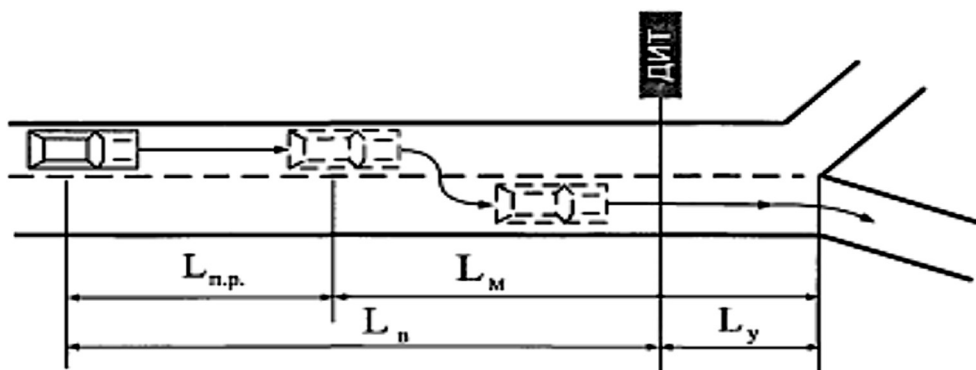


Схема установки ДИТ

Поэтому было принято решение разработать уточненную математическую модель, ссылаясь на недостатки, о которых говорилось в начале.

Итак мы знаем, что интенсивность – это транспортные средства, которые прошли сечение дороги за единицу времени [1].

$$M = \frac{N_a}{t}, \quad (3)$$

здесь M – интенсивность движения; N_a – количество автомобилей, проезжающих за единицу времени; t – единица времени.

Зная общую длину одной полосы дорожного движения

$$L = V \cdot t. \quad (4)$$

Длина загрузки машин проезжающих через полосу:

$$L = \frac{N_a}{t} \cdot t \cdot l_M = N_a \cdot l_M, \quad (5)$$

где l_M – длина машин, проезжающих через полосу; t – время.

Длина просвета определяется следующей формулой:

$$\Delta = L - L_M = V \cdot t - N_a \cdot l_M. \quad (6)$$

Отсюда длина одного просвета равна:

$$\Delta_i = \frac{\Delta}{N_a}. \quad (7)$$

Из этого следует, что найти время перестроения между соседними полосами движения учитывается вероятность движения автомобилей по полосе перестроения.

Вероятность – одно из основных понятий теории вероятностей. Существует несколько определений этого понятия. Приведем определение, которое называют классическим. Вероятность события v называют отношение числа благоприятствующих этому событию исходов к общему числу всех равновероятных несовместных элементарных исходов, образующих полную группу. Из определения вероятности вытекает следующее значение. Вероятность случайного события есть положительное число, заключенное между нулем и единицей. Вероятность просвета за 1 секунду составляет

$$v = \frac{\Delta}{L} < 1. \quad (8)$$

Вероятность за время перестроения между соседними полосами движения составляет:

$$t_n = \left(t_n \cdot \frac{\Delta}{L} \right). \quad (9)$$

Формула (9) рассматривает однополосную дорогу, вероятность перестроения в двух или более полосной дороге будет составлять:

$$t_n = \left(t_n \cdot \frac{\Delta}{L} \right)^n. \quad (10)$$

В соответствии с вышеизложенной гипотезой и на основании ряда логико-математических заключений места установки ДИТ представляется в виде:

$$L_y = (0,075 \cdot n_{cl} \cdot V_1 + 0,7 \cdot V_1) + \left(0,28 \cdot V_1 \cdot \left(t_n \cdot \frac{\Delta}{L} \right)^n (n-1) + 0,02 \cdot (V_1^2 - V_2^2) \right) - (250 \cdot h), \quad (11)$$

где n_{cl} – количество слогов, цифр и стрелок на ДИТ; V_1 – 85 % скорость свободного движения транспортных средств на подходе к предполагаемому месту установки ДИТ, либо максимально разрешенная скорость на участке, км/ч; V_2 – 85 % скорость поворачивающих (съезжающих) транспортных средств; км/ч; t_n – время перестроения между соседними полосами движения, с; n – количество попутных полос движения; h – высота букв на ДИТ, м; 0,28 – коэффициент, учитывающий пересчет км/ч в м/с; 0,02 – коэффициент замедления с комфортными условиями (при постоянном замедлении 1,9 м/с²); 0,075 – коэффициент учета скорости прочтения слога (при скорости 0,27 слог/с); 0,7 – коэффициент учета времени осмысления информации (при времени осмысления 205 с).

Подводя итоги, можно сказать, что места установки ДИТ в основном зависят от нескольких факторов: количество слогов, цифр и стрелок на ДИТ, скорость свободного движения транспортных средств на подходе к предполагаемому месту установки ДИТ, скорость поворачивающих (съезжающих) транспортных средств, время перестроения между соседними полосами движения, количество попутных

полос движения; h – высота букв на ДИТ, число полос. Учитывая эти элементы, мы можем с большой вероятностью определить расчетным путем места установки ДИТ и уменьшить число пробок.

Список литературы

1. Халилев Р.Ф. Проектирование интеллектуальных транспортных систем // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 7–2 (14). – С. 98–100.
2. Жанказиев С.В., Тур А.А., Халилев Р.Ф. Интеллектуальные дороги – современный взгляд // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – № 2. – С. 1–7.
3. Жанказиев С.В. Становление жизненного цикла локального проекта интеллектуальной транспортной системы / С.В. Жанказиев, Р.Ф. Халилев // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11. – С. 31–33.
4. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов, диссертация доктора технических наук. – М., 2012. – С. 451.

5. Жанказиев С.В., Халилев Р.Ф. Принципы формирования архитектуры локального проекта интеллектуальной транспортной системы // В мире научных открытий. – 2012. – № 12. – С. 105–111.

References

1. Halilev R.F. Proektirovanie intellektual'nyh transportnyh sistem // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2013. no. 7–2 (14). pp. 98–100.
2. Zhankaziev S.V., Tur A.A., Halilev R.F. Intellektual'nye dorogi sovremennyy vzgljad // Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli. 2010. no. 2. pp. 1–7.
3. Zhankaziev S.V. Stanovlenie zhiznennogo cikla lokal'nogo proekta intellektual'noj transportnoj sistemy / S.V. Zhankaziev, R.F. Halilev // Avtotransportnoe predpriyatie. 2012. no. 11. pp. 31–33.
4. Zhankaziev S.V. Nauchnye osnovy i metodologiya formirovaniya intellektual'nyh transportnyh sistem v avtomobil'no-dorozhnyh kompleksah gorodov i regionov, dissertacija doktora tehniceskikh nauk. M., 2012. pp. 451.
5. Zhankaziev S.V., Halilev R.F. Principy formirovaniya arhitektury lokal'nogo proekta intellektual'noj transportnoj sistemy // V mire nauchnyh otkrytij. 2012. no. 12. pp. 105–111.

УДК 535:621.373.826:539

**ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ****Кузнецова Ю.А., Лауринас В.Ч., Гученко С.А., Юров В.М.***Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова,**Караганда, e-mail: exciton@list.ru*

В работе рассмотрено влияние лазерного излучения на трибологические свойства многоэлементных покрытий. Покрытия получали ионно-плазменным методом при одновременном распылении композиционного катода Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al и титанового катода в атмосферах аргона и азота. При осаждении Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti в атмосфере азота структура покрытия резко изменяется, при этом формируются области, содержащие нитриды титана и хрома. После лазерной обработки покрытий Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученных в среде аргона и азота, коэффициенты трения уменьшаются. Для покрытий, полученных в среде аргона, уменьшение коэффициента трения более значительно, чем для покрытий, полученных в среде азота. Эффект лазерного воздействия на трибологические свойства покрытий связывается с уменьшением шероховатости поверхности за счет ее оплавления лазерным лучом.

Ключевые слова: покрытие, структура, трение, лазерное излучение**EFFECT OF LASER RADIATION ON MULTIPLE TRIBOLOGICAL
PROPERTIES OF COATINGS****Kuznetsova Y.A., Laurynas V.C., Guchenko S.A., Yurov V.M.***Karaganda State University named after E.A. Buketova, Karaganda, e-mail: exciton@list.ru*

In this paper we examine the effect of laser radiation on tribological properties of multi-coatings. Coatings prepared by ion-plasma sputtering method while the composite cathode Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al and titanium cathode in an atmosphere of argon and nitrogen. When precipitating Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti in a nitrogen atmosphere, the structure of the coating changes abruptly, are formed at this region containing titanium nitride and chromium. After the laser treatment coatings Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, obtained in argon and nitrogen, the friction coefficients are reduced. Coatings obtained in argon, reducing the friction coefficient more significantly than that for the coatings obtained in a nitrogen atmosphere. The effect of laser irradiation on the tribological properties of the coatings is associated with a decrease in surface roughness due to its fusion with a laser beam.

Keywords: coating, structure, friction, laser radiation

В последнее время возрос интерес исследователей к синтезу высокоэнтропийных многоэлементных однофазных покрытий вакуумными методами [10]. Это связано с тем, что такие составы практически невозможно получить обычными методами металлургии.

Лазерное излучение обладает высокой энергонасыщенностью, монохроматичностью и когерентностью, узкой направленностью. Оно позволяет концентрировать энергию с плотностью мощности от предельно малой до 10^{18} Вт/см². Лазерное излучение при воздействии на поверхность обрабатываемого материала позволяет быстро и дозированно передавать эту энергию [2–4, 7].

В настоящей работе приведены экспериментальные результаты по лазерному воздействию на коэффициент трения многоэлементных покрытий.

Материалы и методы эксперимента

В настоящей работе использовались катоды Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al, полученные методом индукционного плавления, и титановые катоды марки ВТ-1-00 по ГОСТ 1908. Покрытия наносились на стальную

подложку ионно-плазменным методом на установке ННВ-6.6И1 при одновременном распылении указанных выше катодов. Исследование микроструктуры и количественный анализ элементного состава композиционных катодов и покрытий проводились на электронном микроскопе JEOL JSM-5910. Трибологические исследования проводились на установке, описанной в работе [5].

Нами использовалось осаждение многоэлементных покрытий в условиях ионного ассистирования. Перед нанесением покрытий в вакуумной камере производилась очистка подложек сначала тлеющим разрядом, для этого на подложку подавалось напряжение (1–3) кВ в течение (5–10) мин, затем – ионная очистка.

Покрытия наносились в среде аргона и азота. В качестве источника лазерного излучения в работе использовался лазер на алюмоиттриевом гранате, легированном неодимом ($\lambda = 1064$ нм). Длительность вспышки ламп накачки лазера, работавшим в режиме свободной генерации, составляла $2 \cdot 10^{-3}$ с. Энергия лазерного импульса составляла 1 Дж и перед проведением эксперимента измерялась с помощью ИМО-2Н, частота следования лазерных импульсов регулировалась от 0,1 до 35 Гц.

**Результаты эксперимента
и их обсуждение**

На рис. 1 показано электронно-микроскопическое изображение покрытия

Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученного в среде аргона. Отчетливо видны зерна титана размером от 1 до 10 мкм в диаметре. Материалы с таким размером зерен принято называть крупнокристаллическими.

Результаты количественного РФЭС-анализа показали, что содержание Mn, Si, Cu и Al менее 1 масс.%. При нанесении в среде азота структура покрытия резко изменяется (рис. 2) благодаря образованию нитрида титана.

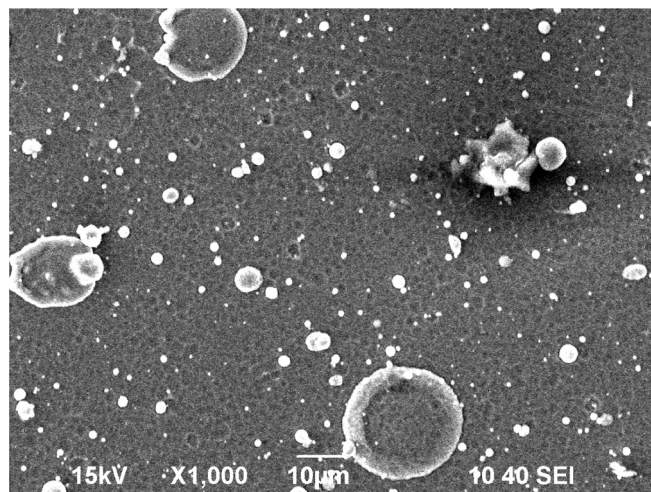


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al+Ti в среде аргона

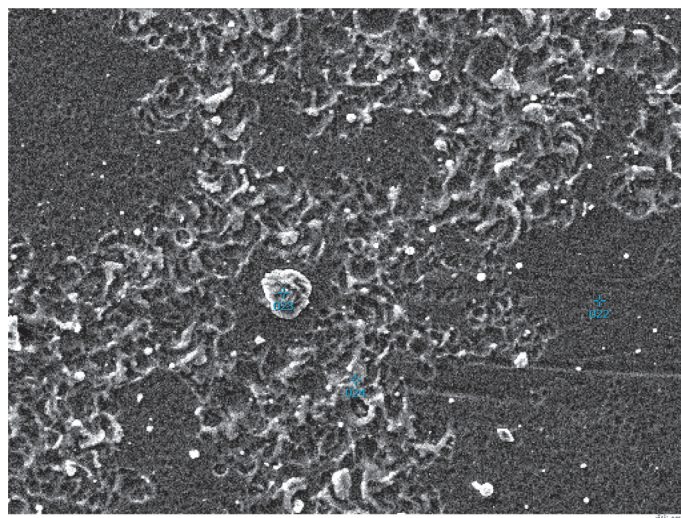


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученного в среде азота

В этом случае средний размер зерен составляет (100–150) нм. Такие покрытия называют субмикрокристаллическими. Результаты количественного РФЭС-анализа покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al+Ti в среде азота показали, что содержание хрома, титана и азота близки между собой. Это говорит о том, что помимо образования нитрида титана идет процесс образования и нитрида хрома. Из рис. 2 видно, что микрокристаллиты нитридов титана и хрома имеют пре-

имущественную ориентацию (предположительно в направлении (200)), что также отлично от сферической симметрии микрокристаллитов чистого титана (рис. 1).

В табл. 1 приведены коэффициенты трения образцов Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученных в среде аргона, а табл. 2 – в среде азота без лазерной обработки и после лазерной обработки. Определение коэффициентов трения производилось в паре: покрытие – покрытие; покрытие – алюминий; покрытие – медь.

Таблица 1

Результаты трибологических исследований
покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученного в среде аргона

Образец Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti	Коэффициент трения		
	покрытие – покрытие	покрытие – алюминий	покрытие – медь
Без лазерной обработки	0,413	0,302	0,269
После лазерной обработки	0,274	0,265	0,264

Таблица 2

Результаты трибологических исследований
покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti, полученного в среде азота

Образец Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al-Ti	Коэффициент трения		
	покрытие – покрытие	покрытие – алюминий	покрытие – медь
Без лазерной обработки	0,431	0,314	0,243
После лазерной обработки	0,370	0,320	0,229

Сущность лазерного упрочнения железоуглеродистых сталей, как и обычных методов закалки, состоит в бездиффузионном превращении при быстром охлаждении гранецентрированной кубической решетки аустенита в искаженную объемно-центрированную решетку мартенсита [1].

Закалка цветных металлов не связана с фазовыми переходами в объеме вещества, а обусловлена «исправлением» искажений структуры металлов, возникших при их затвердевании [8, 9]. Поэтому в нашем случае влияние лазерного излучения на свойства композиционных покрытий, основу которых составляет алюминий, не столь тривиально, как это может показаться с первого взгляда. К этому нужно добавить и наноструктурное состояние исследованных покрытий, теплофизические свойства которых значительно отличаются от объемных свойств вещества.

Как следует из табл. 1 и 2, коэффициент трения одноименных пар металлов (покрытие – покрытие) значительно больше, чем для разноименных. Это классический результат, который говорит о том, что для уменьшения трения в сопряженных парах необходимо использовать разнородные металлы или разнородные металлические покрытия.

После лазерной обработки покрытий коэффициенты трения уменьшаются. Для покрытий, полученных в среде аргона, уменьшение коэффициента трения более

значительно, чем для покрытий, полученных в среде азота.

Эффект лазерного влияния на коэффициенты трения покрытий мы связываем с уменьшением их шероховатости после оплавления лазерным лучом. Отличие покрытий, полученных в среде азота, связано с наличием, как было показано выше, нитридных фаз титана и хрома, которые мало чувствительны к малым дозам облучения из-за их высокой температуры плавления.

Заключение

На основе представленных в настоящей работе результатов исследования можно сделать вывод, что, изменяя режимы лазерного облучения металлических покрытий, можно изменять их трибологические свойства.

Работа выполнена по программе МОН РК 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность», подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований».

Список литературы

1. Булгаков А.В., Булгакова Н.М., Бураков И.М. и др. Синтез наноразмерных материалов при воздействии мощных потоков энергии на вещество. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2009. – 462 с.
2. Вейко В.П., Петров А.А. Введение в лазерные технологии. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ, 2006. – 664 с.

4. Калининченко А.С., Бергман Г.В. Управляемое направленное затвердевание и лазерная обработка: теория и практика. – Минск: Технопринт, 2001. – 367 с.

5. Колесников В.А., Байсагов Я.Ж., Юров В.М. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12. – Ч. 1. – С. 121–124.

6. Лосев В.Ф., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П. Физические основы лазерной обработки материалов. – Томск: ТПУ, 2011. – 199 с.

7. Майоров В.С. Лазерное упрочнение металлов // Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / под ред. В.Я. Панченко. – М.: Физматлит, 2009. – С. 439–469.

8. Меркулова Г.А. Металловедение и термическая обработка цветных сплавов. – Красноярск, СФУ, 2008. – 312 с.

9. Самсонов Г.В. Нитриды. – Киев: Наукова думка, 1969. – 312 с.

10. Соболев О.В., Андреев А.А., Горбань В.Ф. и др. О воспроизводимости однофазного структурного состояния многоэлементной высокоэнтропийной системы Ti-V-Zr-Nb-Hf и высокотвердых нитридов на ее основе при их формировании вакуумно-дуговым методом // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38, Вып. 13. – С. 40–47.

References

1. Bulgakov A.V., Bulgakova N.M., Burakov I.M. i dr. Sintez nanorazmernih materialov pri vozdeystvii moshhnyh po-

tokov jenergii na veshhestvo. Novosibirsk: Institut teplofiziki SO RAN, 2009. 462 p.

2. Vejko V.P., Petrov A.A. Vvedenie v lazernye tehnologii. SPb.: SPbGU ITMO, 2009. 143 p.

3. Grigor'janc A.G., Shiganov I.N., Misjurov A.I. Tehnologicheskie processy lazernoj obrabotki. M.: Izd-vo MGTU, 2006. 664 p.

4. Kalinichenko A.S., Bergman G.V. Upravljajemoe napravlennoe zatverdevanie i lazernaja obrabotka: teorija i praktika. Minsk: Tehnoprnt, 2001. 367 p.

5. Kolesnikov V.A., Bajsafov Ja.Zh., Jurov V.M. Informacionno-izmeritel'nyj pribor dlja opredelenija koeficienta trenija skol'zhenija // Fundamental'nye issledovaniya. 2011. no. 12. Ch. 1. pp. 121–124.

6. Losev V.F., Morozova E.Ju., Cipilev V.P. Fizicheskie osnovy lazernoj obrabotki materialov. Tomsk: TPU, 2011. 199 p.

7. Majorov V.S. Lazernoe uprochnenie metallov // Lazernye tehnologii obrabotki materialov: sovremennye problemy fundamental'nyh issledovanij i prikladnyh razrabotok / pod red. V.Ja. Panchenko. M.: Fizmatlit, 2009. pp. 439–469.

8. Merkulova G.A. Metallovedenie i termicheskaja obrabotka cvetnyh splavov. Krasnojarsk, SFU, 2008. 312 p.

9. Samsonov G.V. Nitridy. Kiev: Naukova dumka, 1969. 312 p.

10. Sobol' O.V., Andreev A.A., Gorban' V.F. i dr. O vosproizvodimosti odnofaznogo strukturnogo sostojanija mnogojelementnoj vysokojentropijnoj sistemy Ti-V-Zr-Nb-Hf i vysokotverdyh nitridov na ee osnove pri ih formirovanii vakuumno-dugovym metodom // Pis'ma v ZhTF. 2012. T. 38, Vyp. 13. pp. 40–47.

УДК 004.934.2

ПРОГРАММНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ФОРМАНТ ЯКУТСКОГО ЯЗЫКА

Леонтьев Н.А., Слепцов И.А., Токарев И.З.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: leonza@mail.ru

В данной статье описывается исследование фонетики якутского языка с помощью свободно доступных программных средств. Приведен обзор исследований в области фонетики якутского языка с помощью аппаратных и компьютерных средств, а также анализа спектра речи. Использование свободных программных средств позволяет провести спектральный анализ фонем устной речи. В работе была использована бесплатная программа SpeechAnalyzer фирмы SIL International для выявления формантных частот записанной речи. Исследованы фонемы, которые присутствуют в якутском языке. Приводятся результаты исследования формантных частот устной речи на якутском языке, составлена таблица гласных и согласных звуков, а также дифтонгов. Результаты исследования позволяют создать автоматизированные системы по синтезу и распознаванию речи с помощью математических моделей по обработке естественной речи.

Ключевые слова: фонетика, якутский язык, формантная частота, распознавание речи, таблица частот

SOFTWARE FINDING SOUND FORMANTS OF THE YAKUT LANGUAGE

Leontev N.A., Sleptsov I.A., Tokarev I.Z.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: leonza@mail.ru

This article describes a study of phonetics of the Yakut language using freely available software. Provides an overview of research in the field of phonetics Yakut language with hardware and computer facilities, as well as analysis of the spectrum of speech. Using free software allows for spectral analysis of speech phonemes. In this study we used a free program SpeechAnalyzer company SIL International to identify formant frequencies recorded speech. Studied the phonemes that are present in the Yakut language. The results of the study formant frequencies of speech in the Yakut language, a table of vowels and consonants and diphthongs. Results of the study will create an automated system for the synthesis and speech recognition using mathematical models for processing natural speech.

Keywords: phonetics: Yakut language, formant frequencies, speech recognition, a table of frequencies

Автоматизированная обработка речи является перспективным направлением в информационных технологиях. Это направление привлекает многих исследователей, в мире проводятся множество работ по синтезу и распознаванию речи. В области синтеза речи достигнуты хорошие результаты, но в области распознавания речи многие результаты не вышли за пределы лабораторных исследований и демонстраций дикторского распознавания. Большие компании, такие как Google и Apple, решают вопросы распознавания речи напрямую, они создают огромные базы данных голосов и фрагментов, в которых идет поиск и сравнение с образцами. Данный метод требует несколько миллиардов фрагментов речи и несколько десятков лет их сбора, а также необходимо наличие большого количества технических и программных средств для хранения и обработки данных.

В России и в мире ведутся исследования языков разных народов, например, татарского [9], чувашского [3] языков, но, к сожалению, изучение других языков остается в продвигаются медленно, что конечно в дальнейшем снижает количество носителей языка, так как происходит отток

в сторону более информационно развитых языков. Данная ситуация также начинает преобладать в якутском языке, так как отсутствуют электронные ресурсы по поддержке якутского языка.

Развитие информационных технологий позволило расширить возможности автоматизированного исследования устной речи. Появились программные средства для анализа устной речи. Исследователями были разработаны множество методов и способов синтеза и распознавания речи, все они обладают своими преимуществами и недостатками.

Аппаратные исследования фонетики якутского языка были проведены в 70-х годах 20 века [1, 2]. В данных работах приведены данные о гласных и согласных фонемах якутского языка, показаны пневмоосцилограммы, палатограммы и рентгенограммы и кадры из кинорентгенограмм различных слов и фонем. Все это дает понимание механизма работы речевого тракта для задач синтеза и распознавания речи на якутском языке. Возможности вычислительной техники в те времена не могли обеспечить компьютерный анализ звуковой речи на якутском языке.

В работе [7] Слепцов И.А. исследовал формантные частоты гласных звуков устной речи на якутском языке. В работе [8] Токарев И.З. провел спектральное сравнение чисел на якутском языке. Все эти работы являлись начальным этапом исследовательской работы по изучению устной речи на якутском языке для задач синтеза и распознавания речи.

Современные информационные средства позволяют хранить и создавать устную речь с помощью компиляции частей речи [4, 5], но это не позволяет реализовывать такие характеристики речи, как просодия, интонация, эмоция. Для высококачественного синтеза устной речи необходимо обеспечить наличие всех характеристик речи, только в таком случае речь перестанет быть искусственной.

Формантный метод синтеза обладает возможностью изменения их параметров, это позволяет изменять характеристики речи, получать разные типы голосов, создавать ударения, выражать эмоции. Такой метод также обладает малым объемом и делает возможным реализацию речи на микроэлектронных устройствах.

Целью работы является получение таблицы формантных частот устной речи якутского языка.

Материалы и методы исследования

По теории создания звука в речевом тракте звук представляет формантными частотами, это резонансные параметры речевого тракта и диапазона частот

формантных областей в которых сосредоточена большая часть энергии сигнала. Согласно теории формантных частот для фонемы необходимо выделить основную частоту и дополнительные четыре формантных частоты.

Обычно считается, что достаточно указать две первые формантные частоты для задач распознавания и синтеза, но иногда необходимо учитывать и более высокие формантные частоты, а также основной тон. Для выделения формантных частот создают спектрограмму голосового сигнала и проводят анализ по обнаружению формантных частот. Формантные частоты раньше анализировались с помощью динамического спектрографа, который производил запись спектрограмм (сонограмм). Исследования разных языков мира, в частности, английского языка, его гласных и согласных, дифтонгов усовершенствовали методы исследования и позволили создать программное обеспечение, с помощью которого можно производить анализ звука и речевых сигналов.

Обнаружение основных и формантных частот возможно производить с помощью программных средств анализа радиосигналов MatLab, с помощью математической программы MathCAD [6] или с помощью специализированного программного обеспечения, такого как SpeechAnalyzer фирмы SIL International, который относится к свободно распространяемым программным продуктам.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследований получены формантные частоты гласных звуков устной речи на якутском языке, приведенные в табл. 1. В якутском языке существуют долгие гласные и гласные, характерные для якутского языка, это гласные «Ө» и «Ү».

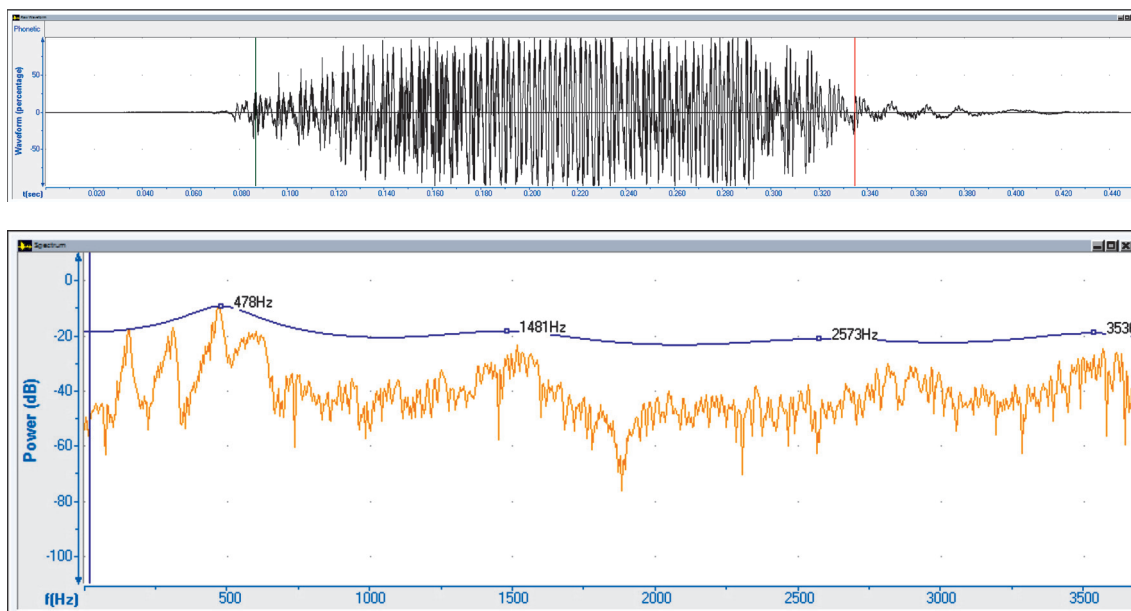
Таблица 1

Формантные частоты гласных звуков

Фонемы	Формантные частоты (Гц)			
	F1	F2	F3	F4
А	730	1481	2731	3336
АА	741	1467	2713	3409
Э	601	1682	2827	3646
ЭЭ	573	1619	2853	3569
И	302	2221	3295	3450
ИИ	254	2218	2953	3548
О	637	1834	3150	
ОО	491	1877	2868	3520
Ө	459	1567	2673	3639
ӨӨ	432	1492	2569	3562
У	254	735	2122	3265
УУ	305	749	2140	3214
Ү	175	2177	3103	
ҮҮ	261	1892	2259	3306
Ы	271	1778	2259	3361
ЫЫ	256	2286	3427	

При анализе гласных звуков программа SpeechAnalyzer показывает временной отклик сигнала, а также производить вычисления формантных частот. На рисунке приведена спектрограмма гласного звука «Ө».

Также был исследованы дифтонги якутского языка «иэ», «уо», «ыа» и «үө». При произношении дифтонгов звук произносится слитно. При исследовании дифтонгов выяснилось, что дифтонги имеют формантные частоты (табл. 2), отличные от слияния двух разных фонем.



Спектрограмма гласного звука «Ө»

Таблица 2

Формантные частоты дифтонгов

Дифтонги	Формантные частоты (Гц)				
	F1	F2	F3	F4	F5
иэ	434	1871	2605	3593	4699
уо	502	980	2123	3280	4153
ыа	433	1568	2637	3975	5455
үө	430	1647	2510	3507	4651

Таблица 3

Формантные частоты согласных

Фонемы	Формантные частоты (Гц)			
	F1	F2	F3	F4
l	2	3	4	5
Б	614	1535	2459	3509
Г	314	1395	2321	3402
Б	276	1676	2815	
Д	250	1590	2729	
Дь	73	2598		
Й	572	2835		
К	625	1669	3514	
Л	309	2216		
М	604	1527	2616	
Н	347	1520	2581	3622

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Н	178	1591		
Нь	619	1726	2665	
П	241	1517	2495	3575
Р	1527	2563	3603	
С	1005			
Һ	450	1564	3616	
Т	954	1993	2944	
Х	476	1621	2776	
Ч	259	1644	2525	

Также авторами впервые были получены формантные частоты согласных звуков якутского языка, до этого такие исследования не производились. В якутском языке существуют характерные согласные «Дь», «Н», «Нь», «Һ» и «Ң». Звуки, заимствованные из русского языка «В», «Ш», «Щ», «Ц», «З», «Ф», «Ж», произносятся согласно фонетике русского языка.

Заключение

В результате исследования получена таблица формантных частот, с помощью которых возможно создать электронный синтезатор речи на якутском языке, а также создать программное обеспечение по распознаванию речи на якутском языке. Материалы по фонетике якутского языка необходимо собирать и анализировать с помощью новых программных средств, что позволяет сохранить чистое произношение якутского языка.

Список литературы

1. Дьячковский Н.Д. Звуковой строй якутского языка. – Т. 1. Часть 1. Вокализм. – Якутск: Книж. изд., 1971.
2. Дьячковский Н.Д. Звуковой строй якутского языка. – Т. 1. Часть 2. Консонантизм. – Якутск: Книж. изд., 1977.
3. Желтов П.В., Семенов В.И. Вейвлет-анализ акустического сигнала // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2008. – № 4. – С. 68–71.
4. Леонтьев Н.А., Слепцов И.А. Фонемный синтез речи на якутском языке. Свидетельство Роспатент № № 2014613342. Программа для ЭВМ.
5. Леонтьев Н.А., Слепцов И.А. Компилятивная модель для автоматизированного синтеза якутского языка // Инновационный потенциал молодежной науки: материалы Всероссийской научной конференции. – Уфа, 2013 – С. 217–220.
6. Леонтьев Н.А. Применение пакета Mathcad для обнаружения звуковых формант в задачах синтеза и распознавания речи // Современные научные исследования и инновации. – 2014 – № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33556> (дата обращения: 13.05.2014).

7. Слепцов И.А. Исследование формантных частот якутских гласных // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы II междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2014 г.). – СПб.: Заневская площадь, 2014. – С. 15–18.

8. Токарев И.З. Спектральное сравнение чисел на якутском языке для задач распознавание речи // XXI век. Образование. Творчество. Наука: материалы I Всерос. научной конференции для студентов и школьников, 21 февраля 2014 г. – Челябинск: изд-во Метеор-сити, 2014. – С. 51–54.

9. Хусаинов А.Ф. Программный комплекс для анализа речи (на примере распознавание фонем татарского языка) // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 3 (29). – С. 129–133.

References

1. D'jachkovskij N.D. Zvukovoj stroj jakutskogo jazyka. T. 1. Chast' 1. Vokalizm. Jakutsk: Knizh. izd., 1971.
2. D'jachkovskij N.D. Zvukovoj stroj jakutskogo jazyka. T. 1. Chast' 2. Konsonantizm. Jakutsk: Knizh. izd., 1977.
3. Zheltov P.V., Semenov V.I. Veyvlet-analiz akusticheskogo signala // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. 2008. no. 4. pp. 68–71.
4. Leont'ev N.A., Slepcev I.A. Fonemnyj sintez rechi na jakutskom jazyke. Svidetel'stvo Rospatent no. no. 2014613342. Programma dlja JeVM.
5. Leont'ev N.A., Slepcev I.A. Kompiljativnaja model' dlja avtomatizirovannogo sinteza jakutskogo jazyka // Innovacionnyj potencial molodezhnoj nauki: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii. Ufa, 2013 pp. 217–220.
6. Leont'ev N.A. Primenenie paketa Mathcad dlja obnaruzhenija zvukovyh formant v zadachah sinteza i raspoznavanie rechi // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2014 no. 4 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33556> (data obrashhenija: 13.05.2014).
7. Slepcev I.A. Issledovanie formantnyh chastot jakutskih glasnnyh // Tehniceskie nauki: problemy i perspektivy: materialy II mezhdunar. nauch. konf. (g. Sankt-Peterburg, april' 2014 g.). SPb.: Zanevskaja ploshhad', 2014. pp. 15–18.
8. Tokarev I.Z. Spektral'noe sravnenie chisel na jakutskom jazyke dlja zadach raspoznavanie rechi // XXI vek. Obrazovanie. Tvorchestvo. Nauka: materialy I Vseros. nauchnoj konferencii dlja studentov i shkol'nikov, 21 fevralja 2014 g. Cheljabinsk: izd-vo Meteor-siti, 2014. pp. 51–54.
9. Husainov A.F. Programmnyj kompleks dlja analiza rechi (na primere raspoznavanie fonem tatarskogo jazyka) // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravlenija i radiojelektроники. 2013. no. 3 (29). pp. 129–133.

УДК 541.12.03

ЭНЕРГИЯ РАЗРЫВА ЭЛЕМЕНТ-ЭЛЕМЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ

Мартынов И.В.

ФГБУН «Институт физиологически активных веществ»
Российской академии наук, Черноголовка, e-mail: alaks@ipac.ac.ru

Проведен анализ зависимости энергии элемент-элементных связей от кратности связи и электроотрицательности. Установлена зависимость энергии разрыва от гибридизации для разных атомов. Предложены формулы энергии разрыва связи атомов, находящихся в различных состояниях гибридизации, в зависимости от кратности связи.

Ключевые слова: химическая связь, энергия диссоциации, кратность связи, электроотрицательность

THE ENERGY GAP ELEMENT-ELEMENT RELATIONSHIPS

Martynov I.V.

Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences,
Chernogolovka, e-mail: alaks@ipac.ac.ru

The analysis of the dependence of the energy element-element relations from the multiplicity of communications and electronegativity. The dependence of the energy gap from hybridization for different atoms of the Proposed formula the energy of bond atoms located in different States hybridization, depending on the multiplicity of communication.

Keywords: the chemical bond energy of dissociation, multiplicity of communication, electronegativity

Известно, что энергия разрыва связи между атомами (E) в основном определяется их межъядерным расстоянием. Существует большое число уравнений, связывающих величину энергии разрыва и длину связи (ℓ) между атомами, находящимися в одном и том же состоянии гибридизации. Считалось, что для атомов, находящихся в различных состояниях гибридизации, необходимо учитывать не только длину связи, но и изменение её характерной особенности. Следует отметить, что до настоящего времени нет достаточно четкого представления о взаимосвязи энергии разрыва связи с электронным строением атомов.

Результаты исследования и их обсуждение

Зависимость энергии разрыва от гибридизации для разных атомов в ряде случаев не однотипна. Так, в табл. 1 приведены значения энергий диссоциации четырех элемент-элементных связей, приведенных в литературных источниках [2, 4, 7, 8].

Из приведенных данных следует:

– в этане σ -связь наиболее прочная, в молекуле Э уступает σ -связи на 20 ккал/моль. В ацетилене π -связь энергетически еще меньше (58,5 ккал/моль);

– подобная последовательность в изменении энергий связи наблюдается в соединениях фосфора;

– противоположная последовательность изменения параметров, характеризующих прочность связи, наблюдается в соединениях азота и кислорода. Для них характерно последовательное повышение энергии от σ - к π -связям, вместе с тем двойные и тройные связи, образованные атомами азота, обладают большими энергиями π -связей, чем удвоенные и утроенные значения соответствующей σ -связи.

Отношение энергии π -связи к энергии σ -связи > 1 имеет место и для $\text{O}-\text{O}$ -связи. Однако для связей $\text{C}-\text{C}$, $\text{P}-\text{P}$, $\text{P}-\text{O}$, $\text{S}-\text{S}$ и др. отношение энергии π -связи к энергии σ -связи < 1 . Для связей $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{N}$, $\text{P}-\text{N}$ это отношение близко к единице. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо учитывать соотношение параметров Z (кратность связи), σ - и π -связей.

Таким образом целью данного исследования является установление соотношения величины энергии разрыва $\text{Э}-\text{Э}$ -связей с кратностью (Z) и состоянием гибридизации атомов.

Для $\text{C}-\text{C}$ -связей нами предложены два уравнения, позволяющие вычислять параметр Z (I)

$$\text{a) } Z = 1 + 25 \cdot (1,540 - \ell)^2 \quad \text{для } \ell \geq 1,337; \quad (\text{I})$$

$$\text{б) } Z = 2 + 7 \cdot (1,337 - \ell)^2 + 8 \cdot (1,337 - \ell)^2 \quad \text{для } \ell \leq 1,337, \quad (\text{I})$$

где ℓ – длина связи.

Таблица 1

Сравнительные значения энергий диссоциации E (ккал/моль)
C–C-, N–N-, O–O- и P–P-связей

Связь	σ	π	$\sigma + \pi$	$\sigma + 2\pi$	2π
C–C	83	63	146	200	117
N–N	38	66	104	226	188
O–O	35	83	118	203	168
P–P	50	34	84	116	66

Нами также предложен способ учёта изменения гибридизации атомов углерода. На основе имеющихся данных была найдена достаточно простая формула, связывающая долю S-составляющей атома (n_s) с кратностью связи (II):

$$n_s = \frac{1}{5 - Z}. \quad (\text{II})$$

Разность $5 - Z$ соответствует сумме $n + 1$ в выражении Sp^n .

$$5 - Z = n + 1; Z = 4 - n.$$

Для бензола, например, $Z = 1,5$; $n = 2,5$; $n + 1 = 3,5$; $n_s = 0,286$ и т.д.

Следует отметить, что формула (II) подтверждает представление о химической связи с дробным порядком, высказанное нами ранее. Так, в работе [5] предложено считать, что в сопряженных системах кратность связи (заселенность её электронами) есть дробная величина порядка связи, расчет которой осуществляется обычно методами квантовой химии.

К аналогичному выводу пришел Р. Гиллеспи (R. Gillespie) [2], отметив, что на основании имеющегося материала можно ввести понятие о химической связи с дробным порядком, если её длина является промежуточной между длинами одинарной и двойной или двойной и тройной связями.

Этот подход позволил нам предложить формулу для вычисления энергии разрыва связи атомов, находящихся в любом состоянии гибридизации. За основу были приня-

ты значения энергии диссоциации одинарной C–C-связи этана ($E = 82,87$ ккал/моль), этилена ($E = 146,1$ ккал/моль), ацетилена ($E = 199,9$ ккал/моль), предложенные В.А. Кондратьевым [5]. Следует отметить, что значения подобных величин, приведенные в других источниках [4–6], мало отличаются от принятых нами.

По приведенным данным была составлена система из двух уравнений (III, IV):

$$146,1 = 82,9 + A \cdot (2 - 1) + B \cdot \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right); \quad (\text{III})$$

$$199,9 = 82,9 + A \cdot (3 - 1) + B \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right). \quad (\text{IV})$$

В результате её решения найдено: $A = 72,6$ и $B = -112,8$.

Тогда:

$$E = 82,9 + 72,6 \cdot (Z - 1) - 112,8 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right). (*)$$

Первое слагаемое соответствует энергии σ -связи атомов. Второе отображает вклад в консолидацию молекул за счет

π -связей. Вычитаемое $-112,8 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right)$ равно $-28,2 \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z}$. Третий член уравнения (n_s) учитывает особенности строения атомов (табл. 2)

Подобные соотношения найдены и для других сочетаний атомов. Например, для

$$\text{N–N – связи } E = 38 + 10 \cdot (Z - 1) + 672 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right); \quad 672 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right) = 168 \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z};$$

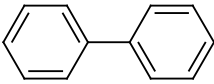
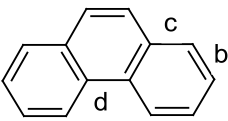
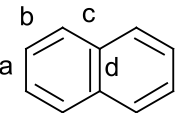
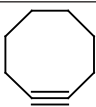
$$\text{P–P – связи } E = 50 + 36 \cdot (Z - 1) - 24 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right); \quad 24 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right) = 6 \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z};$$

$$\text{P–C – связи } E = 65 + 60 \cdot (Z - 1) - 12 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right); \quad 12 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right) = 3 \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z};$$

$$\text{O–O – связи } E = 35 + 81 \cdot (Z - 1) + 6 \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z}.$$

Таблица 2

Энергия диссоциации углерод-углеродных связей $E = 82,9 + 72,6 \cdot (Z - 1) - 112,8 \cdot \left(n_s - \frac{1}{4} \right)$

Соединение	Связь	ℓ	Z	χ_c	n_s	E (ккал/моль)
алканы	C–C	1,540	1,0	2,50	0,250	82,9
	C–C	1,510	1,02	2,501	0,250	84,2
	C–C	1,489	1,06	2,52	0,254	86,9
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	C = C	1,337	2,00	2,30	0,333	146,1
$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$	C–C	1,434	1,28	2,50	0,269	101,1
$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH} = \text{CH}_2$	C–C	1,465	1,14	2,52	0,259	92,0
$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$	C = C	1,345	1,95	2,30	0,259	143,1
графит	C $\equiv$ C	1,420	1,36	2,43	0,275	106,2
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	C $\equiv$ C	1,212	3,00	2,20	0,5	199,9
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$	C–C	1,384	1,61	2,37	0,295	122,1
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$	C $\equiv$ C	1,218	2,94	2,20	0,485	197,2
$\text{CH}_2 = \text{C} = \text{CH}_2$	C = C	1,312	2,18	2,37	0,355	156,8
	C = C	1,304	2,24	2,26	0,362	160,2
	a C $\equiv$ C	1,359	1,82	2,33	0,314	135,2
	b C $\equiv$ C	1,383	1,62	2,37	0,296	122,7
	c C $\equiv$ C	1,412	1,41	2,41	0,279	109,5
	d C $\equiv$ C	1,449	1,21	2,50	0,264	96,6
	a C $\equiv$ C	1,412	1,40	2,42	0,278	109,9
	b C $\equiv$ C	1,371	1,70	2,35	0,303	127,9
	c C $\equiv$ C	1,422	1,35	2,43	0,273	105,4
	d C $\equiv$ C	1,404	1,45	2,41	0,282	111,5
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$	b C $\equiv$ C	1,222	2,91	2,20	0,478	194,0
	C $\equiv$ C	1,232	2,82	2,20	0,459	191,5

Пример. Для бензола имеем:

$$\ell = 1,399; \quad Z = 1,5; \quad n_s = \frac{1}{5-1,5} = 0,286.$$

По формуле (*)

$$E = 82,9 + 72,6 \cdot 0,5 - 112,8 \cdot (0,286 - 0,250).$$

$E = 115$ ккал/моль.

По [6] $E = 116,4$ ккал/моль.

С.С. Бацанов [1] показал, что электроотрицательность (χ) атомов в молекуле $A-B$ понижается в зависимости от кратности связи (Z). Известно, что кратность связи в молекуле определяется числом связевых электронов $w = 2, 4, 6$. С увеличением числа

электронов увеличивается число экранирования. Величина экранирования σ зависит также от атомного номера и электронной конфигурации элемента. В общем виде нами показано (V):

$$\chi = \chi_1 - \frac{N}{20} \cdot (Z - 1) + \frac{N}{20} \cdot \frac{Z - 1}{5 - Z}, \quad (V)$$

где χ_1 – ЭО элемента при $Z = 1$, N – атомный номер элемента, $\frac{1}{5-Z} = n_s$.

Частное уравнение для углерод-углеродных связей имеет вид (VI):

$$\chi = 2,5 - \frac{6}{20} \cdot (Z-1) + \frac{6}{20} \cdot \frac{Z-1}{5-Z}$$

или

$$\chi = 2,5 - 0,3(Z-1) + 0,3 \cdot \frac{Z-1}{5-Z}. \quad (VI)$$

Для углеводородов, Z которых $\leq 1,31$ ($N = 6$), электроотрицательность принимается равной 2,50. Вычисленные значения χ для графита, бензола, этилена, аллена и ацетилена равны соответственно 2,43; 2,40; 2,30; 2,27; 2,20.

Значения Z , как сказано выше, вычисляются по уравнениям:

$$Z = 1 + 25 \cdot (1,540 - \ell)^2 \quad \text{для } \ell \geq 1,337$$

и

$$Z = 2 + 7 \cdot (1,337 - \ell) + 8 \cdot (1,337 - \ell)^2 \quad \text{для } \ell \leq 1,337.$$

Наиболее приемлемый способ вычисления энергии диссоциации галогенов основан на данных констант Тафта σ^* и σ_R^0 .

Так, нами предложено уравнение

$$E = 139\sigma^* + 435\sigma_R^0 - 255,4.$$

Данные значений σ^* и σ_R^0 для галогенов взяты из работы [3], а также вычислены по уравнениям [5]

$$\sigma^* = 3,84 - r; \quad \sigma_R^0 = -0,07 \cdot \frac{3,84 - r}{r}.$$

Для F, Cl, Br, J и At σ^* константы соответственно равны 3,20; 2,85; 2,70; 2,50 и 2,40. σ_R^0 : -0,35; -0,20; -0,17; -0,13 и -0,11.

Вычисленные значения E соответственно равны 37,2; 53,8; 45,9; 35,5 и 30,4 ккал/моль.

Выводы

1. Установлено соотношение величины энергии разрыва Э–Э-связей с кратностью связи Z и состоянием гибридизации атомов.

2. Предложена формула для вычисления энергии разрыва С–С-, N–N-, O–O-, и P–P-связей атомов, находящихся в любом состоянии гибридизации.

Список литературы

1. Бацанов С.С. Электроотрицательность элементов и химическая связь. – Новосибирск, 1962. – С. 19–20.
2. Гиллеспи Р. // Геометрия молекул. – М.: Мир, 1975. – С. 33.
3. Жданов Ю.А., Минкин В.И. Корреляционный анализ в органической химии. – Ростовский университет, 1966. – С. 312–113.
4. Мартынов И.В. // ДАН. – 2001. – Т. 378. – № 5. – С. 647–649.
5. Мартынов И.В., Кондратьев В.А., Фетисов В.И. // ДАН. – 1987. – Т. 293, № 2. – С. 367.
6. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1969. – Т. 1. – С. 344.
7. Rossini F.D. et al. Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties Circular of the National Bureau of Standards. – Washington, 1952.
8. Pauling L. The Nature of the Chemical Bond. – Cornell University Press, 1960.

References

1. Bacanov S.S. Jelektrootricatel'nost' jelementov i himicheskaja svjaz'. Novosibirsk, 1962. pp. 19–20.
2. Gillespi R. // Geometrija molekul. M.: Mir, 1975. pp. 33.
3. Zhdanov Ju.A., Minkin V.I. Korreljacionnyj analiz v organicheskoj himii. Rostovskij universitet, 1966. pp. 312–113.
4. Martynov I.V. // DAN. 2001. T. 378. no. 5. pp. 647–649.
5. Martynov I.V., Kondrat'ev V.A., Fetisov V.I. // DAN. 1987. T. 293, no. 2. pp. 367.
6. Nesmejanov A.N., Nesmejanov N.A. Nachala organicheskoj himii. M.: Himija, 1969. T. 1. pp. 344.
7. Rossini F.D. et al. Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties Circular of the National Bureau of Standards. Washington, 1952.
8. Pauling L. The Nature of the Chemical Bond. Cornell University Press, 1960.

УДК 502.3:621.311.23

**ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ****Маслеева О.В., Воеводин А.Г., Пачурин Г.В.***ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Возобновляемые источники энергии оказывают значительно меньшую нагрузку на природную среду, практически не имея вредных выбросов в атмосферу и гидросферу. Их воздействие на окружающую среду по масштабу носит локальный характер. Основными источниками антропогенного теплового загрязнения являются предприятия тепловой энергетики. В процессе эксплуатации объектов малой энергетики происходит физическое (шум, вибрация, электромагнитное и тепловое излучение) и химическое загрязнение окружающей природной среды. Тепловое загрязнение характеризуется увеличением температуры выше естественного уровня. Техногенные изменения температурного режима могут ухудшать условия жизни и работы людей, а также усиливать коррозию материалов и повреждение тепло- и газопроводов, канализации и т.п. В работе приведены результаты исследования теплового загрязнения альтернативными источниками энергии окружающей среды. Показано, что минимальное тепловое загрязнение имеют мини-ГЭС, ветровые установки обладают невысоким тепловым загрязнением, солнечные установки имеют самый высокий уровень теплового загрязнения за счет низкого КПД. Однако эксплуатация солнечных энергоустановок не окажет отрицательного влияния на тепловой режим атмосферного воздуха.

Ключевые слова: энергетика, тепловое загрязнение окружающей среды, ветровые энергоустановки, солнечные энергоустановки, мини-ГЭС

**ALTERNATIVE SOURCES OF THERMAL EFFECTS
ON THE ENVIRONMENT****Masleeva O.V., Voevodin A.G., Pachurin G.V.***FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev»,
Nizhny Novgorod, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Renewable energy sources have much less stress on the environment, with virtually no harmful emissions into the atmosphere and hydrosphere. Their impact on the environment on the scale of a local nature. The main sources of anthropogenic heat pollution are thermal power enterprises. During the operation of small power there is a physical (noise, vibration, electromagnetic and thermal radiation) and chemical pollution of the environment. Thermal pollution is characterized by an increase in temperature above the natural level. Man-made changes in temperature can worsen the conditions of life and work of people, as well as enhance the corrosion of materials and damage to the heat and gas pipelines, sewerage, etc. The paper presents the results of a study of thermal pollution alternative energy sources on the environment. It is shown that the minimum thermal pollution are mini-hydro, wind turbines have a low thermal pollution, solar plants have the highest level of thermal pollution due to the low efficiency. However, the exploitation of solar power will not adversely affect the thermal regime of air.

Keywords: energy, thermal pollution, wind power plants, solar power plants, mini-hydro power plants

Задачами Государственной программы «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы в России являются снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду на основе повышения экологической эффективности экономики.

По инициативе ООН в 2008 г. разработана концепция по «зеленой» экономике, которая будет обеспечивать повышение благосостояния людей, избегая возрастания риска для окружающей среды. «Зеленая» экономика соответствует принципам устойчивого развития. Приоритетными темами «зеленой» экономики являются: возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, оценка воздействия на окружающую среду.

Возобновляемые источники энергии оказывают значительно меньшую на-

грузку на природную среду, практически не имея вредных выбросов в атмосферу и гидросферу. Их воздействие на окружающую среду по масштабу носит локальный характер. Физические загрязнения, такие как шум, были рассмотрены в работе [7].

В данной работе приведены результаты исследования теплового загрязнения альтернативными источниками энергии окружающей среды.

Как известно, основными источниками антропогенного теплового загрязнения являются предприятия тепловой энергетики. Это приводит к изменению климата в городах, теплового режима гидросферы и верхних слоев литосферы. В работе [4] были исследованы мини-ТЭЦ с различными видами двигателей.

Предмет и методика исследования

Тепловыми источниками воздействия на окружающую среду в данной работе считаются альтернативные источники энергии.

Энергия солнца, ветра, движения воды расходуется на производство электроэнергии и потери в энергоустановке, которые и составляют тепловое загрязнение.

Для проведения исследований были выбраны три различных типа энергоустановок на ВИЭ:

- ветрогенератор «Муссон» с установленной мощностью 30 кВт [9];
- мини-ГЭС ИНСЭТ Пр 30 с установленной мощностью 30 кВт [1];
- солнечная ЭУ с суммарной установленной мощностью 30 кВт, состоящая из 120 солнечных модулей Saana 250 LM3 MBW единичной мощностью 0,25 кВт каждый [6];

Технические характеристики исследуемых энергоустановок на ВИЭ приведены в табл. 1.

Расчеты были выполнены для г. Нижний Новгород.

Исходными данными для расчета являлись.

Годовые суммы солнечной радиации составляют 3667 МДж/м² год [3].

Средняя скорость ветра в зависимости от месяца года на высоте 10 м приведена в табл. 2 [3]. Средняя скорость ветра за год – 4 м/с.

Реальная мощность ветроустановки имеет кубическую зависимость от скорости ветра [8] и определяется по формуле:

$$P = N_{\text{ном}} \cdot \sum_{i=1}^{12} \left(\left(\frac{V_i}{V_{\text{ном}}} \right)^3 \cdot \frac{t_i}{365} \right) \cdot K_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ном}}$ – номинальная мощность, кВт; V_i – фактическая скорость ветра, м/с; $V_{\text{ном}}$ – номинальная скорость ветра для получения номинальной мощности, м/с; t_i – количество дней с фактической скоростью ветра, день; $K_{\text{в}}$ – коэффициент влияния высоты на скорость ветра.

$$K_{\text{в}} = \frac{\ln 18}{\ln 10}, \quad (2)$$

где 18 – высота ветроустановки, м; 10 – высота замера скорости ветра, м.

Принимая в расчетах

$$N_{\text{ном}} = 30 \text{ кВт},$$

фактическая скорость ветра и количество дней с фактической скоростью ветра – по табл. 2 $K_{\text{в}} = 1,255$.

Результаты расчета сведены в табл. 3 и показаны на рисунке.

Таблица 1
Технические характеристики энергоустановок на ВИЭ

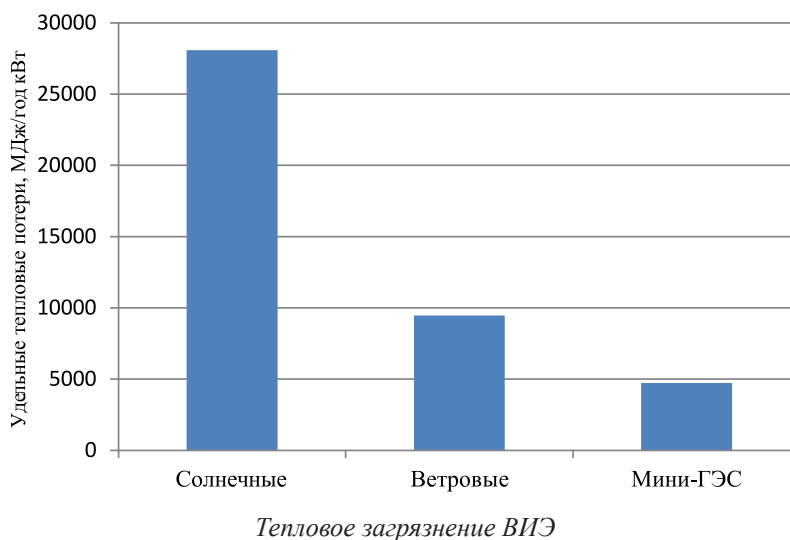
Тип энергоустановки	Марка	Характеристики
Ветровая ЭУ	«Муссон»	Мощность 30 кВт Расчетная скорость ветра 13 м/с Начальная рабочая скорость ветра 3 м/с Ветроколесо диаметр 10,5 м Высота 18 м
Мини-ГЭС	ИНСЭТ Пр 30	Мощность 30 кВт
Солнечная ЭУ	Saana 250 LM3 MBW	Суммарная мощность 30 кВт (120 модулей по 0,25 кВт) Размеры модуля: 1623 x 986 x 35 мм Общая площадь 192 м ²

Таблица 2
Средняя скорость ветра в зависимости от месяца года

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средняя скорость ветра, м/с	4,5	4,1	4,4	4,2	3,9	3,5	3,1	3,2	3,7	4,5	4,6	4,7

Таблица 3
Тепловое загрязнение ВИЭ

	КПД энергоустановок, %	Фактическая мощность, кВт	Тепловые потери, МДж/год	Удельные тепловые потери, МДж/год кВт
Солнечные	12	22	617842	28084
Ветровые	70	1,153	10912	9464
Мини-ГЭС	85	30	141912	4730



Проведенные исследования показали, что:

- минимальное тепловое загрязнение имеют мини-ГЭС за счет высокого КПД,
- ветровые установки обладают невысоким тепловым загрязнением за счет малых скоростей ветра в г. Н. Новгород (4 м/с) по сравнению с номинальной скоростью (13 м/с), что приводит к низкой реальной мощности (1,153 кВт), а также при эксплуатации на низкой мощности их КПД может существенно снизиться (до 20...30 %),
- солнечные установки имеют самый высокий уровень теплового загрязнения за счет низкого КПД.

Для солнечной энергоустановки был выполнен расчет изменения температуры воздуха по мере удаления от поверхности солнечной батареи.

Исходными данными для расчета являются:

$t_b = 25^\circ\text{C}$ температура воздуха окружающей среды (летом);

$t_{ст} = 65^\circ\text{C}$ температура пластины поверхности солнечной батареи.

При расчете использовали формулы для определения высоты теплового пограничного слоя горизонтальной пластины для поверхности теплообмена, обращенной вверх при свободном движении воздуха.

Согласно [2] средний коэффициент теплоотдачи на поверхности горизонтальной пластины можно рассчитать по формулам для аналогичных вертикальных поверхностей:

$$\alpha_{гор} = 1,3\alpha_{верг} \quad (3)$$

Согласно критериальной формуле М.А. Михеева [9] значение числа Нуссель-

та (Nu) для вертикальной пластины может быть определено:

$$Nu = C \cdot Ra^n = 194, \quad (4)$$

где Ra – число Рэлея

$$Ra = Gr \cdot Pr = 368 \cdot 10^7, \quad (5)$$

где Gr – число Грасгофа; Pr – число Прандтля,

$$Gr = \frac{g \cdot (t_{ст} - t_b) \cdot l^3}{T_b \cdot \nu^2} = \frac{9,8 \cdot (65 - 25) \cdot 0,986^3}{298 \cdot (15,5 \cdot 10^{-6})^2} = 525 \cdot 10^7, \quad (6)$$

где $l = 0,986$ м наименьший линейный размер пластины; $\nu = 15,5 \cdot 10^{-6}$ коэффициент кинематической вязкости воздуха при значении t_b ; Pr = 0,7 число Прандтля для температуры воздуха t_b ,

$$T_b = 273 + t_b = 298 \text{ К.}$$

Для $Ra > 2 \cdot 10^7$ режим течения считается турбулентным, и значения коэффициентов принимаются равными

$$C = 0,135;$$

$$n = 0,33.$$

Тогда значение числа Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}. \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией для горизонтальной поверхности определяли:

$$\alpha_{гор} = \frac{1,3 \cdot Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{1,3 \cdot 194 \cdot 0,026}{0,986} = 6,65, \quad (8)$$

где λ – коэффициент теплопроводности воздуха, $\lambda = 0,026$ Вт/м·К при температуре t_b .

Тепловой поток определяли по формуле:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) = 6,65 \cdot 1,6 \cdot (65 - 25) = 429 \text{ Вт} = 0,429 \text{ кВт}, (9)$$

где F – площадь пластины, $F = 1,6 \text{ м}^2$.

Согласно [10] избыточная температура воздуха на оси конвективного потока над тепловым источником определяется из полумпирического выражения:

$$\Delta t^3 = \frac{\sigma \cdot (1 + \sigma)^2 \cdot T_{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}}^2}{6 \cdot \pi^2 \cdot C_{\text{к}}^4 \cdot g \cdot c_{\text{пв}}^2 \cdot \rho_{\text{в}} \cdot z^5}, (10)$$

$$\Delta t = t_z - t_{\text{в}}, (11)$$

где t_z – температура на высоте z пограничного теплового слоя для $t_z = t_{\text{в}}$ при максимальном значении высоты слоя $z = h$, $\Delta t = 0$.

Для корректного решения уравнения (8) примем $\Delta t = 1^\circ\text{C}$; $C_{\text{пв}} = 1,0 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$; $\rho_{\text{в}} = 1,19 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\sigma = 0,8$ – эмпирический коэффициент; $C_{\text{к}} = 0,082$; $Q_{\text{к}} = 0,429 \text{ кВт}$ тепловой поток.

После алгебраических преобразований имеем, что при полном отсутствии ветра (внешнего движения воздуха вдоль пластины) температура воздуха уменьшится до величины 25°C на расстоянии $h = 5,4 \text{ м}$. Однако такое условие бывает крайне редко.

Принимаем скорость ветра $w_z = 1 \text{ м/с}$ (считаем это минимальным предельным значением для определения значения высоты теплового пограничного слоя h). Согласно [10] осевая скорость воздуха определяется из выражения:

$$w_z^3 = \frac{3 \cdot (1 + \sigma) \cdot g \cdot Q_{\text{к}}}{4 \cdot \pi \cdot C_{\text{к}}^2 \cdot \sigma \cdot C_{\text{пв}}^2 \cdot \rho_{\text{в}} \cdot T_{\text{в}} \cdot z}. (12)$$

Расчет показывает, что при скорости ветра 1 м/с температура воздуха уменьшится до величины 25°C на расстоянии $0,10 \text{ м}$.

Выводы

Проведенные исследования показали, что:

- минимальное тепловое загрязнение имеют мини-ГЭС за счет высокого КПД;
- ветровые установки обладают невысоким тепловым загрязнением за счет малых скоростей ветра в г. Н. Новгород (4 м/с) по сравнению с номинальной скоростью (13 м/с), что приводит к низкой реальной мощности ($1,153 \text{ кВт}$), а также при эксплуатации на низкой мощности их КПД может существенно снизиться (до $20 \dots 30\%$);
- солнечные установки имеют самый высокий уровень теплового загрязнения за счет низкого КПД, однако их эксплуатация

не окажет отрицательного влияния на тепловой режим атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Гидроагрегат Пр30 с пропеллерной турбиной [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.inset.ru/r_offers/Pr-30.htm (дата обращения: 22.01.15).
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сухомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоатомиздат, 1981. 416 с.
3. Климат Нижнего Новгорода / под ред. Ц.А. Швер, С.В. Рязановой. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 168 с.
4. Маслеева О.В., Воеводин А.Г., Пачурин Г.В. Тепловое загрязнение окружающей среды объектами малой энергетики // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5 (часть 5). – С. 26–31.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: Л.: ГЭИ, 1956. – 344 с.
6. Монокристаллические модули Saana 245-260 LM3 MBW [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.multiwood.ru/pv/S245-260LM3MBW/> (дата обращения: 22.01.15).
7. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Пачурин Г.В.. Акустическое воздействие ветроэнергетических установок на окружающую среду // Экология и промышленность России. – 2013. – № 9. – С. 8–11.
8. Твайдейл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990. – 392 с.
9. Техническое описание ветрогенераторов семейства Муссон [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://elvision.ru/catalog/visten/vgrt/vgmus/vgmus_59.html (дата обращения: 22.01.15).
10. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.

References

1. Hidroagregat Pr30 s propellernej turbinoj [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa http://www.inset.ru/r_offers/Pr-30.htm (data obrashhenija: 22.01.15).
2. Isachenko V.P., Osipova V.A., Suhomel A.S. Teploperedacha. M.: Jenergoatomizdat, 1981. 416 p.
3. Klimat Nizhnego Novgoroda / pod red. C.A. Shver, S.V. Rjzanovoj. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 168 p.
4. Masleeva O.V., Voevodin A.G., Pachurin G.V. Teplovoe zagraznenie okruzhajushhej sredy objektami maloj jenergetiki // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. no. 5 (chast' 5). pp. 26–31.
5. Miheev M.A. Osnovy teploperedachi. M.- L.: GJel, 1956. 344 p.
6. Monokristallicheskie moduli Saana 245-260 LM3 MBW [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://www.multiwood.ru/pv/S245-260LM3MBW/> (data obrashhenija: 22.01.15).
7. Sosnina E.N., Masleeva O.V., Pachurin G.V.. Akusticheskoe vozdejstvie vetrojenergeticheskikh ustanovok na okruzhajushhuju sredu // Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2013. no. 9. pp. 8–11.
8. Tvajdejł Dzh., Uejr A. Vozobnovljajemye istochniki jenerгии: per. s angl. M.: Jenergoatomizdat. 1990. 392 p.
9. Tehnicheskoe opisanie vetrogeneratorov semejstva Musson [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa http://elvision.ru/catalog/visten/vgrt/vgmus/vgmus_59.html (data obrashhenija: 22.01.15).
10. Shepelev I.A. Aerodinamika vozdushnyh potokov v pomeshhenii. M.: Strojizdat, 1978. 144 p.

УДК 004.932

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПЛНОЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА МНОГОШАГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ

Немировский В.Б., Стоянов А.К.*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, e-mail: vbn@tpu.ru; sto@tpu.ru*

Рассматривается возможность повышения информативности полноцветных изображений путём их многошаговой сегментации. Такая сегментация реализуется с помощью кластеризации цветовых компонент изображения рекуррентной нейронной сетью. Повышение информативности изображения является следствием того, что в процессе сегментации исходная палитра естественных цветов меняется на палитру псевдоцветов, что, в свою очередь, обусловлено проведением сегментации изображения в цветовом пространстве YUV. Проведён ряд численных экспериментов с полноцветными спутниковыми и аэрофотоснимками лесных пожаров, изображениями пламени горелки и подводных объектов. Результаты экспериментов показывают, что многошаговая сегментация изображений позволяет выявлять на аэрофотоснимках и спутниковых изображениях лесных пожаров области возможной локализации очагов пожаров. Сегментация изображения пламени горелки и подводных объектов позволяет проявлять внутреннюю структуру процесса горения и визуализировать изофоты освещённости воды и изофоты на объектах, помещённых в ней.

Ключевые слова: изображение, пиксель, цветовое пространство, RGB, YUV, рекуррентная нейронная сеть, кластеризация, сегментация

INCREASING OF INFORMATIVENESS OF THE FULL-COLOR IMAGES USING NEURAL NETWORK ALGORITHM OF MULTI-STEP SEGMENTATION

Nemirovskiy V.B., Stoyanov A.K.*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: vbn@tpu.ru; sto@tpu.ru*

The possibility of the informativeness increasing of full-color images by means of multi-step segmentation is considered. Segmentation is implemented with the help of clustering of image color components by a recurrent neural network. Increasing of informativeness of an image is the result of change the natural colors palette to the «pseudocolors» palette that, in turn, is caused by carrying out the image segmentation in the YUV color space. A series of numerical experiments with full-color satellite and aerial photographs of forest fires, images of a torch flame and underwater objects is carried out. Results of experiments show that multi-step segmentation of images allows to reveal area of possible localization of seats of fire on aerial photographs and satellite images of forest fires. Segmentation of the image of a flame of a torch and underwater objects allows to show internal structure of burning process and to visualize isophots of illumination of water and isophots on the objects placed in it.

Keywords: image, pixel, color space, RGB, YUV, recurrent neural network, clustering and segmentation

Изображения являются источником информации во многих областях человеческой деятельности. Именно поэтому вопросы повышения их информативности всегда находились в центре внимания специалистов, занимающихся разработкой средств и методов обработки изображений. Одним из методов повышения информативности изображений является их сегментация. Сегментация решает задачу выделения фрагментов изображения с близкими яркостями (в случае монохромных изображений) или цветами (для полноцветных изображений). Устранение излишних подробностей на изображении, происходящее при его сегментации, способствует его лучшему восприятию и анализу смысла содержимого, то есть повышает информативность изображения.

Предложено много методов и алгоритмов для сегментации полутоновых изображений в градациях серого цвета [1]. Одним из широко используемых подходов для сег-

ментации таких изображений является применение кластеризации. В свою очередь, для кластеризации предложено много методов, среди которых наибольшей популярностью пользуются модификации метода k-средних. Кластеризация, основанная на методе k-средних, обладает существенным недостатком – для её реализации требуется априорное знание количества выделяемых кластеров. В [2] нами предложен метод кластеризации, свободный от упомянутого недостатка, который и был использован для сегментации полутоновых изображений как в градациях серого цвета [2], так в полноцветном представлении [3].

В этих работах продемонстрирована возможность сегментации изображений с помощью кластеризации, реализуемой за счёт применения рекуррентной нейронной сети. Вопросы информативности получаемых сегментированных изображений не обсуждались.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения многошаговой сегментации, основанной на нейросетевом алгоритме кластеризации, для повышения информативности цветных изображений.

Кластеризация в рекуррентной нейронной сети

Метод кластеризации, используемый в наших исследованиях для сегментации изображения, базируется на рассмотренной в [4] модели нейронной сети, использующей одномерные отображения. В работе показано, что если весовая функция $W(\zeta)$ синапсов нейрона ζ обладает свойствами δ -функции Дирака, то в такой сети возможно возникновение одномерного отображения входного значения сигнала нейрона на его активационной функции. Там же указано, что для реализации одномерного отображения в простейшем случае можно использовать нейрон с обратной связью. Во всех случаях функционирование такой сети сводится к одномерным отображениям значений входных сигналов.

Для кластеризации множества M -мерных данных такой рекуррентной нейронной сетью в состав входного слоя сети включают M -нейронов. Каждый нейрон обрабатывает все значения какого-то одного из M -признаков, характеризующих вектор данных из исходного множества [4]. Отдельное значение одного такого признака является входным сигналом для нейрона. В рассматриваемой нами рекуррентной сети для каждого входного нейрона вводится локальная обратная связь, связывающая выход нейрона с его входом (рис. 1).

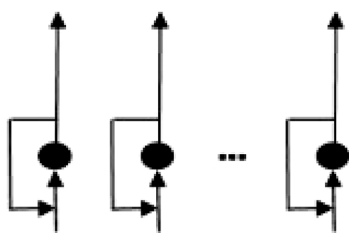


Рис. 1. Структура нейронной сети

Эта обратная связь реализует процесс одномерного отображения величины x входного сигнала на активационной функции нейрона, которая описывается выражением

$$f(x) = \frac{\mu}{1 + \exp(-\alpha x + \beta)}, \quad (1)$$

где α – коэффициент наклона, $\alpha > 0$; β – величина смещения; μ – коэффициент увеличения, $\mu > 0$. Одномерное отобра-

жение величины x входного сигнала на активационной функции описывается итерационным соотношением $x_{n+1} = f(x_n)$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ – номер итерации. После нескольких итераций отображаемая величина сигнала достигает устойчивой неподвижной точки x^* , определяемой из нелинейного уравнения $f(x^*) = x^*$.

В численных расчётах значение x^* определяется с некоторой заданной точностью ε . В процессе отображения множества значений входного сигнала в пределах заданной точности ε выделяются группы близких значений, достигающих устойчивой точки за одно и то же количество итераций. Такие группы и составляют один кластер.

Многошаговая сегментация изображения

Процесс сегментации изображения, основанный на кластеризации в такой нейронной сети, состоит из нескольких шагов [2]. На первом шаге сегментируется исходное изображение. Для этого значения яркости пикселей изображения подаются на вход описанной рекуррентной нейронной сети. После их отображения на активационной функции нейрона во всём диапазоне величин яркости выделяются кластеры значений, достигающие устойчивой точки за одно и то же число итераций. В каждом таком кластере выполняется усреднение всех величин яркостей, попавших в него, и всем пикселям, оказавшимся в данном кластере, присваивается это вычисленное среднее значение. Далее, на втором шаге, нейронная сеть использует результаты предыдущего шага в качестве новых входных значений. Процесс повторяется многократно и завершается тогда, когда энтропия изображения, полученного на очередном шаге кластеризации яркостей, перестаёт меняться.

Сегментация полноцветного изображения

На практике алгоритмы сегментации полноцветных изображений применяются в разных задачах, например, для анализа качества продукции, определения площади наводнения, прогнозирования урожайности, распознавания лесных пожаров, вычисления высоты прилива с помощью аэрофотоснимков, распознавания печатного и рукописного текста.

Обычно изображения, полученные с помощью цифровых камер и сканеров, представлены в цветовом пространстве RGB. В этом пространстве любой цвет является результатом смешивания трёх компонентов – базовых цветов разной яркости. Очевидно, что в таком случае достаточно

выполнить кластеризацию каждого из цветковых компонентов, а затем смешать их для получения результирующего цвета в сегментированном изображении так, как это требует модель пространства *RGB*.

Помимо пространства *RGB*, для представления полноцветного изображения в телевидении и хранении/обработке видеоданных используют модель *YUV*, и близкие к ней *YCbCr*, *YPbPr*, *YDbDr*, *YIQ*. Основопологающим принципом для всех этих моделей является то, что яркостный компонент изображения – составляющая *Y* – несёт основную информацию об изображении. Компонент *Y* является взвешенной суммой цветковых компонентов *RGB*-модели, учитывающей особенности человеческого цветовосприятия. Две другие составляющие, отвечающие за цвет, менее информативны. Таким образом, в случае использования *YUV* (и близких к нему) возможны два варианта сегментации изображения. По первому достаточно кластеризовать основной яркостный компонент *Y*, не затрагивая менее информативные цветоразностные компоненты *U* и *V*, и затем образовать сегментированное изображение из кластеризованного и некластеризованных компонентов. Второй вариант предполагает кластеризацию как яркостного, так и цветоразностных компонентов с последующей визуализацией на их основе сегментированного изображения. Для такой визуализации при использовании цифровой техники потребуется возврат к цветовой модели *RGB*. При этом возврате соотношения значений базовых цветковых компонентов могут существенно отличаться от исходных в изображении до сегментации. Действительно, формулы преобразования из *YUV* в *RGB* имеют вид:

$$R = Y + 1,13983 \cdot (V - 128);$$

$$G = Y - 0,39465 \cdot (U - 128) - 0,58060 \cdot (V - 128);$$

$$B = Y + 2,03211 \cdot (U - 128).$$

Здесь *R*, *G* и *B* – значения, соответствующие, красного, зелёного и синего компонентов модели *RGB*. Входящие в формулы величины *Y*, *U* и *V* после сегментации изменяют свои значения, что приведёт после преобразования к изменениям *R*, *G* и *B* по отношению к их исходным значениям. Иными словами, сегментированное изображение будет представлено в псевдоцветах, не совпадающих с естественными цветами в исходном изображении. Изменённые цветовая палитра и цветовой контраст существенным образом меняют и порог цветоразличения, что может дать дополнительную информацию при анализе изображения.

Таким образом, сегментация полноцветных изображений открывает возможность увеличения информативности изображений.

Экспериментальные результаты

С целью проверки возможности использования сегментации для повышения информативности полноцветных изображений нами был проведён ряд экспериментов. Для их осуществления использовалась программа сегментации изображений, реализующая описанный выше алгоритм, в которой программная модель нейронной сети, изображённой на рис. 1, использовалась в качестве модуля для кластеризации цветковых компонентов изображения. Параметры α , β и μ нейронов сети рассчитывались по методике, приведённой в работе [2]. Входной слой сети содержал 3 нейрона, на каждом из которых кластеризовались значения одного из компонентов полноцветного изображения, представленного в модели пространства *YUV*.

На рис. 2, 3 представлены финальные результаты сегментации полноцветных изображений в *YUV* пространстве. На исходном изображении рис. 2, а, видно, что пламя горелки имеет некоторую внутреннюю структуру, но элементы этой структуры практически неразделимы; слои разной светимости плавно переходят друг в друга. Совершенно иной характер имеет сегментированное изображение (рис. 2, б). За счёт сегментации изображение представлено в псевдоцветах, что позволяет различить области с близкими оптическими свойствами и, при необходимости, произвести требуемые измерения размеров нужных областей. Кроме того, можно отметить, что на сегментированном изображении область пламени горелки имеет визуально заметно большие размеры, чем на исходном изображении.

На исходном изображении рис. 3, а, сложно говорить о какой-то внутренней его структуре. Ситуация резко меняется при рассмотрении сегментированного изображения рис. 3, б. На нём отчётливо видны области с одинаковыми оптическими характеристиками, выделенные псевдоцветами. Эти области, скорее всего, можно отождествить с изофотами, проявившимися в воде и на сферической мине.

На рис. 4 представлены аэрофотоснимки земной поверхности с лесными пожарами.

На исходных рис. 4, а, в видны только облака дыма, закрывающие область пожаров. На сегментированных изображениях появляется дополнительная информация. В правой части рис. 4, б на фоне

облака сплошного дыма проявляется область пурпурного цвета, указывающая на оптическую аномалию участка земной поверхности, расположенной под этим облаком. Вероятнее всего, такой аномалией может быть горящий очаг пожара, скрытый дымом. Хотя очаг может увеличивать плотность облачности, но из-за слабой контрастности фотосъемки это изменение не проявляется на исходном изображении. Сегментация меняет естественную палитру и проявляет слабоконтрастный участок изображения за счёт псевдоцветности.

Примечательно, что изменение масштаба изображения в целом сохраняет обнаруженную особенность сегментации. На увеличенном фрагменте исходного изображения участка поверхности (рис. 4, в) не просматриваются какие-либо аномалии. На сегментированном изображении (рис. 4, г) возможный очаг пожара в виде области жёлтого цвета проявляется на том же месте, что и на не увеличенном изображении.

Заметим, что в общем случае палитра псевдоцветов зависит от естественной палитры исходного изображения. Например, на рис. 4 предполагаемый очаг пожара показан пурпурным или жёлтым цветом для разных палитр исходных изображений. Тем не менее, что важнее для практических задач, локализация аномалий сохраняется.

На рис. 5 представлены спутниковые снимки земной поверхности с лесными пожарами. Как и в случае аэрофотосъемки, на исходном изображении облако дыма скрывает возможные очаги пожара (рис. 5, а). Сегментированное изображение (рис. 5, б) показывает на задымленном участке наличие областей с различными оптическими свойствами, указывающими, вероятнее всего, на различные стадии пожара (области жёлтого и пурпурного цвета). Как и в предыдущем случае, выявление слабоконтрастных областей обуславливается наличием псевдоцветов в сегментированном изображении.

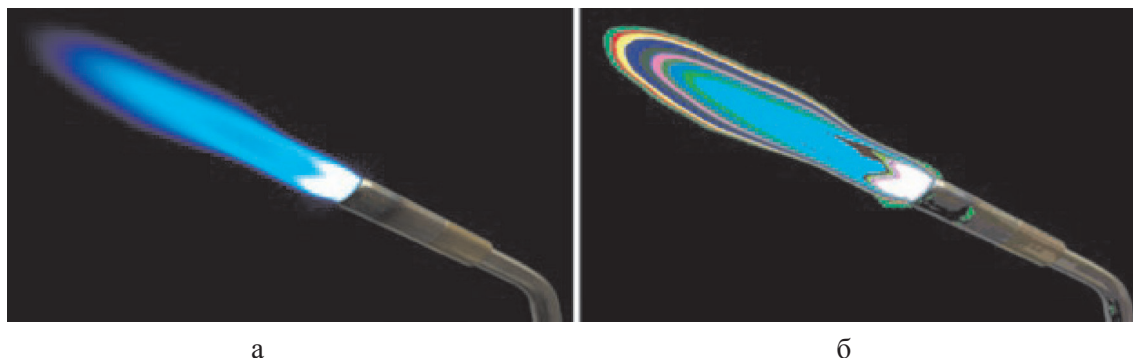


Рис. 2. Многошаговая сегментация изображения газовой горелки:
а – исходное изображение, взятое из [5];
б – финальное сегментированное изображение
для случая кластеризации всех компонентов модели YUV

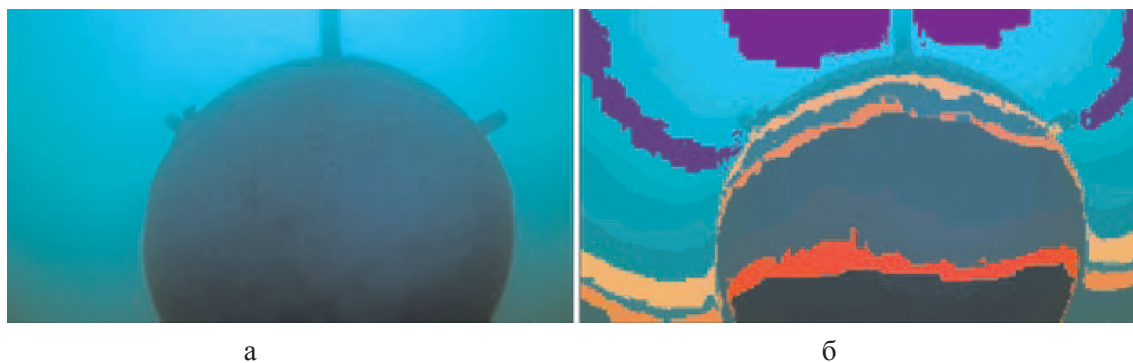


Рис. 3. Многошаговая сегментация изображения корабельной мины:
а – исходное изображение, взятое из [6];
б – финальное сегментированное изображение
для случая кластеризации всех компонентов модели YUV

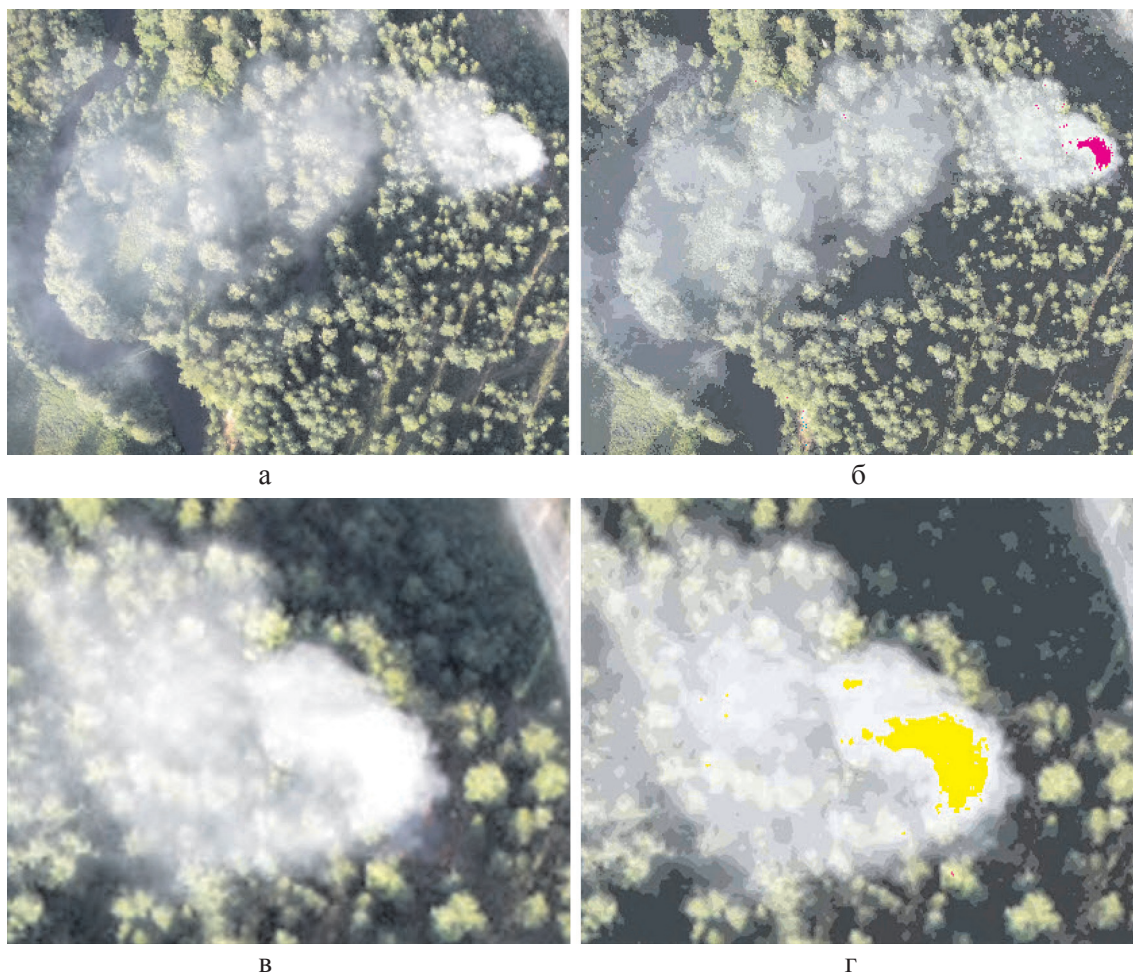


Рис. 4. Многошаговая сегментация аэрофотоснимка земной поверхности:
а – исходное изображение участка земной поверхности;
б – сегментированное изображение участка земной поверхности;
в – увеличенный фрагмент изображения участка земной поверхности;
г – сегментированный фрагмент изображения участка земной поверхности

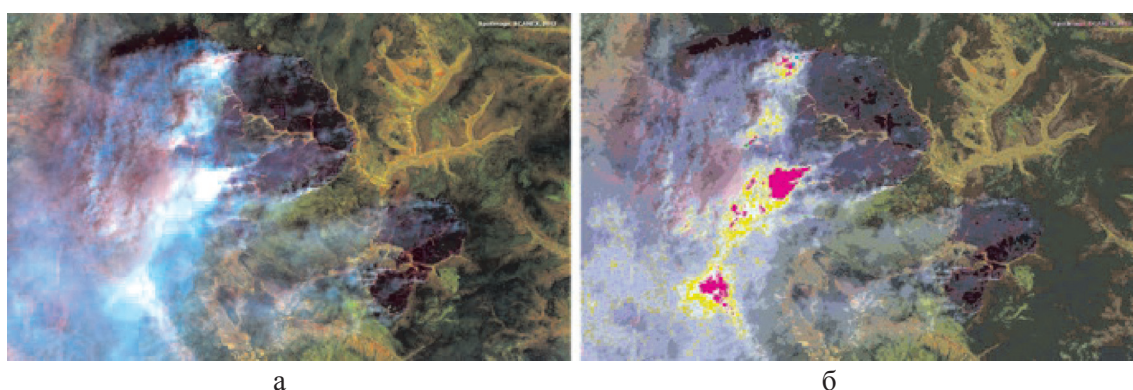


Рис. 5. Многошаговая сегментация спутникового снимка земной поверхности:
а – исходное изображение участка земной поверхности, взятое из [7];
б – сегментированное изображение участка земной поверхности

Выводы

1. Рекуррентная нейронная сеть позволяет выполнять многошаговую кластеризацию компонентов полноцветных

изображений и формировать из них сегментированное полноцветное изображение.

2. Многошаговая сегментация изображений, представленных в YUV пространстве,

приводит к изменению исходной цветовой гаммы, и, как следствие, к повышению информативности получаемых изображений.

3. В проделанных нами экспериментах обнаружено, что многошаговая сегментация изображений в YUV цветовом пространстве позволяет выявлять области возможной локализации очагов пожаров на аэрофото- и спутниковых снимках лесных пожаров.

4. Выполненная в экспериментах сегментация изображения пламени горелки и водной среды позволяет проявлять внутреннюю структуру процесса горения и визуализировать изотопы освещённости воды и изотопы на объектах, помещённых в ней.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Немировский В.Б., Стоянов А.К. Сегментация изображений с помощью рекуррентной нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 205–210.
3. Немировский В.Б., Стоянов А.К. Сегментации цветных изображений с помощью рекуррентной нейронной сети для выделения природных объектов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 212–216.
4. Стоянов А.К. Применение рекуррентной нейронной сети для решения задачи кластеризации // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 5. – С. 144–149.
5. How To Solder Brass To Coppe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://topics.info.com/How-To-Solder-Brass-To-Copper_4268 (дата обращения: 5.12.14).
6. Корабельная якорная мина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://i.ytimg.com/vi/Us8FH8gXAoU/maxresdefault.jpg> (дата обращения: 5.12.14).
7. Интенсивные дымные шлейфы и гари окутывают Сибирь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teglon.livejournal.com/179529.html> (дата обращения: 5.12.14).

References

1. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. M.: Tehnosfera, 2005. 1072 p.
2. Nemirovskij V.B., Stojanov A.K. Segmentacija izobrazhenij s pomoshhju rekurrentnoj nejronnoj seti // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. 2012. T. 321. no. 5. pp. 205–210.
3. Nemirovskij V.B., Stojanov A.K. Segmentacii cvetnyh izobrazhenij s pomoshhju rekurrentnoj nejronnoj seti dlja vydelenija prirodnyh obektov // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. 2013. T. 323. no. 1. pp. 212–216.
4. Stojanov A.K. Primenenie rekurrentnoj nejronnoj seti dlja reshenija zadachi klasterizacii // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. 2009. T. 315. no. 5. pp. 144–149.
5. How To Solder Brass To Coppe [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://topics.info.com/How-To-Solder-Brass-To-Copper_4268 (data obrashhenija: 5.12.14).
6. Korabel'naja jakornaja mina [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://i.ytimg.com/vi/Us8FH8gXAoU/maxresdefault.jpg> (data obrashhenija: 5.12.14).
7. Intensivnye dymnye shlejfy i gari okutyvajut Sibir [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://teglon.livejournal.com/179529.html> (data obrashhenija: 5.12.14).

УДК 658.5

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОРГАНАХ СУДЕБНОЙ ВЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Омаров М.Д., Муслимова Ф.Н.

*Дагестанский государственный технический университет,
Махачкала, e-mail: muslimova_fatima@mail.ru*

Информатизация судебной власти заложена в федеральных целевых программах, которые предусматривают решение таких задач, как формирование единого информационного пространства, реализация конституционных принципов самостоятельной судебной власти и независимости судей, повышение эффективности деятельности судов, а также реализация прав граждан и юридических лиц на судебную информацию. Приводится перечень программных комплексов, информационных подсистем и систем, позволяющий автоматизировать процесс судопроизводства и работу органов судебной власти.

Ключевые слова: информатизация, программа, комплекс, суд, система, автоматизация, банк данных, информационный ресурс, вычислительная сеть

CURRENT STATE OF THE INFORMATIONAL SYSTEM USAGE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN JUDICIARY

Omarov M.D., Muslimova F.N.

Dagestan State Technical University, Makhachkala, e-mail: muslimova_fatima@mail.ru

The informatization of judicial authority has been put in the federal target programs which provide the solution of such tasks as the formation of the common information space, the realization of the constitutional principles of independent judicial authority and the independence of judges, the increase of the efficiency of the courts activity, and also the realization of the rights of citizens and legal entities on judicial and legal information. The list of program complexes, information subsystems and systems, which allow to automate the process of legal proceedings and the work of bodies of judicial authority has been provided.

Keywords: informatization, program, complex, court, system, automation, databank, information resource, computer network

В федеральной целевой программе «Развитие судебной системы России на 2002–2006 годы» [1], утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 20 ноября 2001 г. № 805, были поставлены такие задачи, как формирование единого информационного пространства, реализация конституционных принципов самостоятельности судебной власти и независимости судей, обеспечение единства судебной системы Российской Федерации, повышение эффективности деятельности судов, а также реализация прав граждан и юридических лиц на судебную информацию.

В рамках реализации ФЦП было предусмотрено создание Государственной автоматизированной системы Российской Федерации «Правосудие» (далее – Система). Возможностями Системы предусматривалось обеспечение автоматизированного процесса подготовки документов, обработки и представления необходимой отчетной информации, обеспечение публичного доступа к базам решений судов. Ее развитие было продолжено в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие судебной системы России на 2007–2012 годы» [2]. На сегодняшний день Система, включающая в себя 27 информационных под-

систем, создана, принята в эксплуатацию и используется во всех без исключения судах районного звена в Республике Дагестан (далее – суды республики). За период развития Системы в судах республики проведен монтаж локальных вычислительных сетей на более чем 1000 рабочих мест, внедрены 179 ед. серверного, 162 ед. сетевого и телекоммуникационного оборудования, 54 информационных киоска, 17 систем аудиопотоколирования хода судебного заседания, 15 систем видеоконференцсвязи и 4 мобильных комплекса скрытого свидетеля. Во всех судах районного звена в холлах зданий размещены информационные киоски, к которым обеспечен свободный доступ граждан. Внедрено и используется специальное программное обеспечение 17 информационных подсистем, таких как «Судебное делопроизводство и статистика», «Банк судебных решений», «Интернет-портал», «Документооборот», «Обращения граждан» и др. Это позволило судам республики выйти на качественно новый уровень работы, обеспечить высокий уровень открытости и доступности правосудия в соответствии с требованиями Федерального закона от 22 декабря 2008 г. № 262-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации

о деятельности судов в Российской Федерации» (далее – Федеральный закон) [3].

Наряду с судами республики в Управлении Судебного департамента при Верховном Суде Российской Федерации в Республике Дагестан (далее – Управление) смонтирована локальная вычислительная сеть, внедрены и используются 24 информационных подсистемы, такие как «Судебное делопроизводство и статистика», «Документооборот», «Обращения граждан», «Финансовый контроль», «Кадры», «Интернет-портал», «Судейское сообщество» и др. Вместе с тем в Управлении полностью автоматизирован бухгалтерский учет, применяется система «Консультант Плюс», а также информационные системы, позволяющие автоматизировать процесс обмена служебной информацией с республиканскими учреждениями казначейства, налоговой службой, Пенсионным фондом и др.

В частности, подсистема «Судебное делопроизводство и статистика» позволила автоматизировать процесс судопроизводства с момента поступления дела в суд до его сдачи в архив с возможностью формирования статистических отчетов. До ее внедрения подготовка отчетности по судебной статистике в судах республики занимала несколько дней, сегодня процесс формирования отчетных форм занимает несколько часов.

Подсистема «Банк судебных решений» содержит в своей базе данных принятые судебные акты по всем категориям дел (рисунок). За период с 01.07.2010 по 31.12.2013 судами республики было вынесено по всем категориям дел 123 440 судебных актов, при этом в подсистему «Банк судебных решений» было внесено 117 384 судебных акта, что составляет 95 % от общего числа судебных актов, вынесенных судами районного звена республики за тот же период.



Публикация на сайтах судов Республики Дагестан текстов принятых судебных актов

Более 2/3 этих информационных ресурсов, а именно 91,5 тыс. судебных актов, на сегодняшний день обезличена в соответствии с требованиями Федерального закона и круглосуточно доступна любому физическому или юридическому лицу, имеющему доступ в сеть интернет.

Это стало возможным благодаря созданию в сети интернет официальных сайтов судов республики, где имеется раздел «Судебное делопроизводство», публикующий в автоматизированном режиме списки дел, назначенных к слушанию, а также обезличенные тексты принятых судебных актов. Официальные сайты судов общей юрисдикции (более 2,5 тыс.) функционируют в рамках подсистемы «Интернет-портал», размещенной по адресу <http://sudrf.ru>. В сети интернет сегодня функционируют 42 сайта судов районного звена и 131 сайт судебных участков мировых судей Республики Дагестан, а также сайты Верховного Суда Республики Дагестан, органов Судейского сообщества Республики Дагестан, Управления и Службы по организационному обеспечению деятельности мировых судей Республики Дагестан.

Официальные сайты судов созданы для обеспечения доступа граждан, юридических лиц, органов государственной власти к информации о деятельности суда, создания механизмов информационного взаимодействия с гражданами. На сайтах также размещены образцы заявлений, справочная информация, адреса, телефоны, а также реквизиты для уплаты государственной пошлины и штрафов. Доступность этой и другой информации на сайтах позволяет гражданам существенно сократить время на подготовку документов при обращении в судебные инстанции.

Вместе с тем на всех сайтах имеется раздел «Обращения граждан», используя который любое юридическое или физическое лицо может обратиться в суд, не посещая его. Также имеется возможность получения информации по запросу, который направляется в суд по электронной почте.

Во втором полугодии 2010 года информацией, размещенной на сайтах судов республики, воспользовались 40 681 пользователь, в 2011 году – 80 301, в 2012 году – 93 087, в 2013 году информацию использовали 108 452 пользователя (всего с 1 июля 2010 года – 322 521 пользователь). Это говорит о неуклонно растущей потребности физических и юридических лиц в получении информации о деятельности судов в электронном виде, упрощении механизмов подготовки и подачи документов при обращении в судебные инстанции. Очевидно,

что совершенствование судопроизводства путем внедрения в практику рассмотрения судебных дел информационных технологий также позволит снизить нагрузку на судей и работников аппаратов судов.

Наряду с практическим использованием Системы с 1 июня 2012 года Управлением приняты меры по внедрению в судах республики системы СМС-извещений участников судебного процесса. Это позволило значительно ускорить процесс информирования лиц, участвующих в деле, а также добиться существенной экономии финансовых средств, затрачиваемых на уведомления участников судебного процесса с помощью почтовых отправлений. По состоянию на конец марта текущего года посредством СМС-извещений были информированы 4 844 участника судебного процесса, при этом расход денежных средств составил 3,8 тыс. руб. В случае информирования указанных лиц посредством почтовых отправлений, с учетом минимальной стоимости маркированного конверта в 16,5 руб., расход денежных средств составил бы 79,9 тыс. руб. Таким образом, при использовании системы СМС-извещений расход денежных средств в 21 раз меньше, чем при отправке почтовой корреспонденции.

Опираясь на 5-летний опыт применения Системы, можно утверждать, что ее использование в практической деятельности позволило приблизить деятельность судов республики и Управления к гражданам, обеспечить прозрачность и постоянную доступность правосудия для неограниченного круга лиц, повысить эффективность и скорость обработки информации в процессе судопроизводства, облегчить процесс отправления правосудия непосредственно судьями, а также повысить эффективность работы сотрудников аппаратов судов и государственных служащих Управления.

Вместе с тем в судах республики сегодня остро стоит вопрос о кадровом обеспечении их деятельности по линии информатизации, а также потребность в соответствующей технической поддержке работы Системы в целом.

На сегодняшний день 14 судов республики с составностью 5 и более судей обеспечены 19 штатными специалистами в области информационных технологий, в Советском и Ленинском районных судах г. Махачкалы созданы отделы информатизации. При этом 28 судов республики не обеспечены штатными специалистами по информатизации. В истекшем 2013 году в указанные суды Управлением были привлечены 39 специалистов по информатизации на договорной основе. В связи с этим

обеспечение потребности судов республики в специалистах по информатизации является на сегодняшний день одной из важных задач Управления.

Непосредственно в Управлении работу по поддержке и развитию Системы ведет отдел юридического обеспечения и информатизации в составе шести сотрудников, трое из которых представляют сектор по информатизации.

В свете задач по созданию электронного правосудия представляется очень своевременным и важным решение Судебного департамента при Верховном Суде Российской Федерации о создании Федерального государственного бюджетного учреждения «Информационно-аналитический центр поддержки ГАС «Правосудие» (далее – Учреждение) [4].

Основные цели созданного Учреждения направлены на решение задач сопровождения и дальнейшей модернизации Системы, обеспечения эксплуатации ее программно-технических средств, поддержки пользователей, хранения и автоматизированной обработки судебной информации, включая электронные архивы судебных дел, создания системы поддержки и сервисного обслуживания, охватывающей суды всех уровней в Российской Федерации, интеграции информационных ресурсов и данных судебной статистики.

В настоящее время на базе Учреждения ведется формирование сети филиалов во всех субъектах Российской Федерации, включая Республику Дагестан. Одновременно проводятся мероприятия по приему на работу в создаваемые филиалы квалифицированных специалистов в области информационных технологий.

Касаясь перспектив развития единого информационного пространства органов судебной власти Российской Федерации, необходимо отметить следующее.

В рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие судебной системы России на 2013–2020 годы» [5], а также по поручению Президента Российской Федерации уже к 2018 году должны быть созданы все необходимые условия для внедрения электронного судопроизводства и обеспечения возможности направления документов в суд в электронной форме. Это значительно упростит процедуры подачи в суд исковых заявлений, жалоб, получения копий документов, ознакомления с материалами дела. Для этого должна быть сформирована современная информационная и телекоммуникационная инфраструктура единого информационного пространства федеральных судов общей юрисдикции,

мировых судей, судебных органов и органов судейского сообщества, а также системы Судебного департамента. Такая инфраструктура обеспечит высокий уровень доступности информации, будут созданы комплексы хранения, а также сеть центров обработки данных. При этом неизбежно потребуются значительная модернизация и доработка Системы, а также автоматизация института мировой юстиции для обеспечения его интеграции в единое информационное пространство.

Более того, предполагается обеспечить перевод судебных архивов в электронный вид и создание специальных электронных хранилищ судов. В ближайшей перспективе дела будут храниться в судах только в электронном виде. Одновременно будет проводиться работа по созданию централизованной подсистемы видеоконференцсвязи, функциональные возможности которой будут расширены до возможности проведения записи и интернет-трансляции проводимых открытых судебных заседаний.

Наряду с этим планируется реализация комплекса мероприятий по обеспечению электронного взаимодействия судов с органами исполнительной власти посредством внедрения системы межведомственного электронного взаимодействия. Будут разработаны соответствующие регламенты электронного взаимодействия с информационными системами органов прокуратуры, следственных органов, Федеральной службы судебных приставов, Федеральной службы исполнения наказаний. Планируется кардинальная переработка подсистемы «Интернет-портал» и, как следствие, официальных сайтов судов общей юрисдикции с созданием личных кабинетов для участников судебного процесса.

Все эти меры будут направлены на изменение облика всей судебной системы, повышение доверия граждан, открытости, создание условий, препятствующих проявлению коррупции, снижение нагрузки на судей.

Работа Управления по реализации в судебной системе Республики Дагестан задач, поставленных в федеральной целевой про-

грамме «Развитие судебной системы России на 2013–2020 годы», продолжается, будут проводиться все необходимые мероприятия по бесперебойному кадровому, финансовому, материально-техническому и иному обеспечению деятельности судов Республики Дагестан на пути создания «электронного правосудия».

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 20.10.2001 г. № 805 «Развитие судебной системы России на 2002–2006 годы» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2001. – № 49. – Ст. 4623.
2. Постановление Правительства РФ от 21.09.2006 г. № 583 «Развитие судебной системы России на 2007–2012 годы» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 41. – Ст. 4248.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22.12.2008 № 262-ФЗ (ред. от 21.12.2013) «Об обеспечении доступа к информации о деятельности судов в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – № 52 (ч.1). – Ст. 6217.
4. Приказ Генерального директора Судебного департамента при Верховном Суде РФ от 04.06.2012 г. № 118 «О создании федерального государственного бюджетного учреждения «Информационно-аналитический центр поддержки ГАС Правосудие».
5. Постановление Правительства РФ от 27.12.2012 г. № 1406 «Развитие судебной системы России на 2013–2020 годы» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 1. – Ст.13.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20.10.2001 g. no. 805 «Razvitie su-debnoj sistemy Rossii na 2002–2006 gody» // Sobraenie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. 2001. no. 49. St. 4623.
2. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.09.2006 g. no. 583 «Razvitie su-debnoj sistemy Rossii na 2007–2012 gody» // Sobraenie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. 2006. no. 41. St. 4248.
3. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 22.12.2008 no. 262-FZ (red. ot 21.12.2013) «Ob obespechenii dostupa k informacii o dejatel'nosti sudov v Rossijskoj Federacii» // Sobraenie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. 2008. no. 52 (ch.1). St. 6217.
4. Prikaz General'nogo direktora Sudebnogo departamenta pri Verhovnom Sude RF ot 04.06.2012 g. no. 118 «O sozdanii federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo uchrezhdenija «Informacionno-analiticheskij centr podderzhki GAS Pravosudie».
5. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.12.2012 g. no. 1406 «Razvitie sudebnoj sistemy Rossii na 2013–2020 gody» // Sobraenie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. 2013. no. 1. St.13.

УДК 621.314.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИНДУКТИВНО-ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА

Пустынников С.В.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
Томск, e-mail: pustynnikov@list.ru

Разработана схема индуктивно-импульсного генератора, использующего обобщенные законы коммутации для увеличения амплитуды и мощности импульсов тока в активной нагрузке. Параллельно источнику постоянной ЭДС подключен конденсатор, что позволяет исключить внутреннее сопротивление источника ЭДС при получении импульсов тока в нагрузке. С помощью метода переменных состояния получена математическая модель работы схемы, формирующей импульс тока в линейной активной нагрузке при размыкании источника и схемы индуктивно-импульсного генератора. Проведены расчетные и экспериментальные исследования лабораторных моделей обеих схем. Экспериментальные значения токов в катушках индуктивностей и в нагрузке практически совпали с расчетными значениями.

Ключевые слова: генератор, схема, импульс тока, математическая модель, катушка индуктивности, осциллограмм

INVESTIGATION WORK INDUCTIVELY PULSE GENERATOR

Pustynnikov S.V.

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: pustynnikov@list.ru

The circuit of the inductive pulse generator operating on the basis of generalized switching laws was developed to increase the amplitude of current pulses in the active load and the corresponding power. Parallel DC EMF connected capacitor. This eliminates the source of EMF internal resistance when the pulses of current in the load. The mathematical model of the circuit forming current pulses in the active linear load at switching off the source and the model of inductive pulse generator operation was developed by using the method of state variables. Simulations and experimental tests of both experimental models were conducted. The values of currents in inductive coils detected experimentally were practically the same as the calculated values.

Keywords: generator, scheme, current pulse, mathematical model, inductor, oscillogram

Для получения мощных импульсов тока применяются генераторы импульсных токов на основе индуктивных накопителей. Накопление энергии происходит при зарядке катушки индуктивности от источника постоянного тока. После достижения необходимой величины тока зарядная цепь размыкается при помощи первого коммутатора, а другим коммутатором индуктивный накопитель подсоединяется к нагрузке [1]. При разряде накопителя на нагрузку в ней формируется импульс тока. Таким образом, при малой длительности импульса даже при небольших энергиях можно получить большие мощности.

Все способы применения таких генераторов можно разделить на следующие области [2]:

1. Электрофизические методы обработки конструкционных материалов: электроэрозионная, электромеханическая, электропластическая, лучевая обработка (лазерным, электронным или ионным пучком), плазменная обработка.

2. Электрофизические методы получения новых материалов: получение порошков лазерным, электронными и ионным пучками, компактирование материалов электроштамповкой, получение новых материалов взрывом.

3. Электрофизические технологии в различных областях науки и техники: обработка воды разрядом, генерация озона, плазмохимия и очистка газов в разряде, электроимпульсная дезинтеграция материалов.

Один из известных способов получения импульсов тока реализован в схеме (рис. 1). Схема содержит импульсный трансформатор, первичная обмотка которого R_1, L_1 подключена к постоянному источнику ЭДС E , имеющему внутреннее сопротивление R_E через коммутатор K , а вторичная обмотка R_2, L_2 подключена к нагрузке R_H . Катушки имеют взаимную индуктивность

$$M = K_{cb} \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2},$$

где $1 \leq K_{cb} \leq 0$ – коэффициент связи. При размыкании коммутатора K в первичной обмотке импульсного трансформатора R_1, L_1 возникает скачок тока:

$$\Delta i_1 = i_1(0_-) = \frac{E}{R_1 + R_E}. \quad (1)$$

Магнитный поток, охватывающий обе катушки, уменьшается до нуля, и во вторичной обмотке индуцируется импульс напряжения, который вызывает импульс тока i_2 в нагрузке. Такая схема применяется, например, в системе зажигания автомобиля [3].

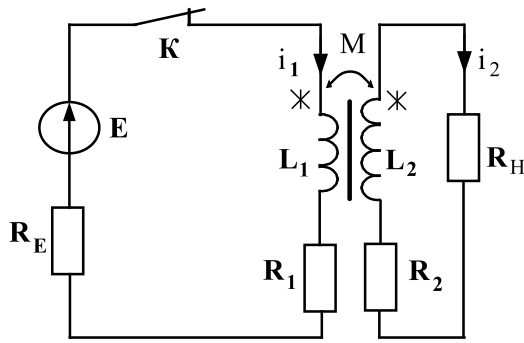


Рис. 1. Схема получения импульсов тока в активной нагрузке R_H

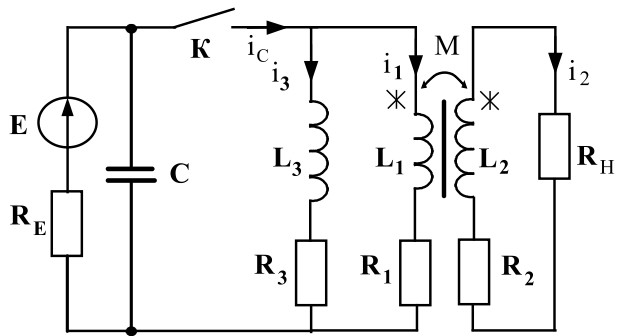


Рис. 2. Схема индуктивно-импульсного генератора

Исходя из принципа непрерывности суммарного потокосцепления:

$$\psi(0_-) = \psi(0_+). \quad (2)$$

в соответствии с обобщенными законами коммутации [4], можно записать:

$$\begin{aligned} L_2 \cdot i_2(0_-) - M \cdot i_1(0_-) = \\ = L_2 \cdot i_2(0_+) - M \cdot i_1(0_+), \end{aligned} \quad (3)$$

где $t = (0_-)$ – момент времени непосредственно перед коммутацией, а $t = (0_+)$ – момент времени сразу после коммутации.

Учитывая, что до коммутации $i_2(0_-) = 0$, а после размыкания коммутатора K $i_1(0_+) = 0$, скачок тока в нагрузке составит

$$i_2(0_+) = -\frac{M}{L_2} i_1(0_-). \quad (4)$$

Схема на рис. 1 обладает следующим недостатком: для её работы необходим мощный источник ЭДС, обладающий малым внутренним сопротивлением R_E . При увеличении внутреннего сопротивления R_E величина скачка тока Δi_1 и, следовательно, величина скачка тока в нагрузке $i_2(0_+)$ уменьшаются. Система уравнений для схемы (рис. 1), составленная по законам Кирхгофа после размыкания коммутатора K имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} - M \cdot \frac{di_2}{dt} + i_1 \cdot (R_1 + R_E + R_K) &= E; \\ L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} - M \cdot \frac{di_1}{dt} + i_2 \cdot (R_2 + R_H) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Начальные значения токов:

$$\begin{aligned} i_1(0_-) &= \frac{E}{R_1 + R_E}; \\ i_2(0_-) &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Для устранения условий некорректной коммутации при расчетах размыкание коммутатора K в схеме эквивалентно последовательному включению в соот-

ветствующий участок цепи резистора R_K , имеющего большое сопротивление, так что после размыкания K ток, протекающий через ЭДС, $i_1 \approx 0$.

Автором была разработана схема индуктивно-импульсного генератора, которая позволяет исключить влияние внутреннего сопротивления R_E и увеличить импульсы тока в нагрузке (рис. 2) [5].

Схема на рис. 2 отличается от схемы на рис. 1 тем, что параллельно первичной обмотке R_1 , L_1 подключена дополнительная катушка индуктивности R_3 , L_3 , имеющая более высокую добротность, чем обмотка R_1 , L_1 , а параллельно источнику ЭДС E , имеющему внутреннее сопротивление R_E , подключен конденсатор C . До замыкания коммутатора K конденсатор C заряжается от источника постоянной ЭДС E до напряжения $U_C = E$.

В момент времени $t = 0$ замыкается коммутатор K и разряд конденсатора C создает в катушке индуктивности R_3 , L_3 ток i_3 (рис. 3, а), а в первичной обмотке R_1 , L_1 импульсного трансформатора ток i_1 (рис. 3, б), которые протекают от плюса к минусу конденсатора C . Первичная обмотка импульсного трансформатора R_1 , L_1 и катушка индуктивности R_3 , L_3 включены параллельно, и величины токов в них определяются их добротностью.

Поскольку добротность катушки индуктивности R_3 , L_3 выше добротности первичной обмотки импульсного трансформатора R_1 , L_1 , величина тока i_3 превышает величину тока i_1 . В момент времени t_0 , когда токи i_3 и i_1 достигнут максимального значения, размыкается коммутатор K , первичная обмотка трансформатора R_1 , L_1 и катушка индуктивности R_3 , L_3 будут включены последовательно и по ним будет протекать общий ток $i(0_+)$. В соответствии с обобщенным законом коммутации, исходя из формулы (2), получим:

$$\left. \begin{aligned} L_3 \cdot i_3(0_-) - L_1 \cdot i_1(0_-) - M \cdot i_2(0_-) &= i(0_+) \cdot (L_3 + L_1) + M \cdot i_2(0_+); \\ L_2 \cdot i_2(0_-) - M \cdot i_1(0_-) &= L_2 \cdot i_2(0_+) + M \cdot i(0_+). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

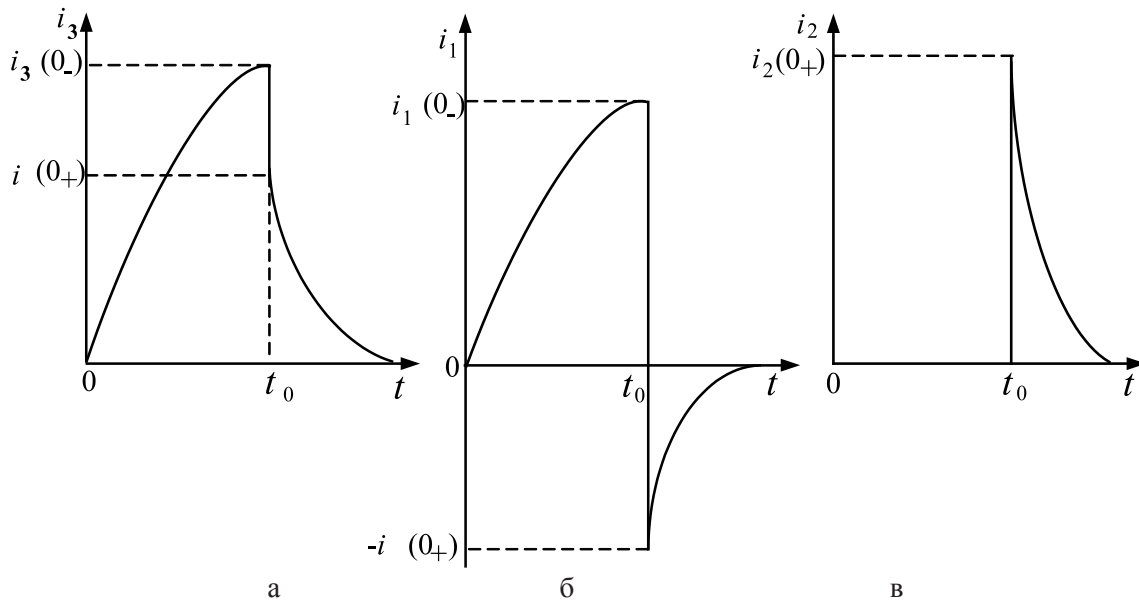


Рис. 3. Токи в схеме индуктивно-импульсного генератора: а – в катушке R_3, L_3 ; б – в катушке R_1, L_1 ; в – в нагрузке R_n

Учитывая, что до коммутации $i_2(0_-) = 0$, величина общего тока составит:

$$i(0_+) = \frac{L_3 \cdot i_3(0_-) - i_1(0_-) \cdot \left(L_1 - \frac{M^2}{L_2} \right)}{L_1 + L_3 - \frac{M^2}{L_2}}, \quad (8)$$

в нагрузке возникает скачок тока $i_2(0_+)$ (рис. 3, в):

$$i_2(0_+) = \frac{-M \cdot i(0_+) - M \cdot i_1(0_-)}{L_2}. \quad (9)$$

Условием работы схемы является выполнение неравенства:

$$L_3 \cdot i_3(0_-) \geq i_1(0_-) \cdot \left(L_1 - \frac{M^2}{L_2} \right). \quad (10)$$

При выполнении данного условия скачок тока $i_2(0_+)$ в соответствии с формулой (9) превышает аналогичный, рассчитанный по формуле (4) для схемы на рис. 1.

Таким образом, в момент коммутации t_0 в катушке R_3, L_3 скачок тока составит $\Delta i_3 = i_3(0_-) - i(0_+)$, и ток i_3 не изменяет своего направления, а в первичной обмотке импульсного трансформатора R_1, L_1 скачок тока составит $\Delta i_1 = i_1(0_-) - (-i(0_+))$, и ток i_1 изменяет направление на противоположное. Следовательно, увеличенный по сравнению со схемой на рис. 1 скачок тока Δi_1 в схеме на рис. 2 индуцирует больший импульс тока i_2 в нагрузке и при этом внутреннее сопро-

тивление R_E источника ЭДС не влияет на работу схемы.

Были проведены сравнительные расчетные и экспериментальные исследования схемы на рис. 1 и схемы индуктивно-импульсного генератора на рис. 2.

Для устранения условий некорректной коммутации при расчетах размыкание коммутатора K в схеме (рис. 2) эквивалентно последовательному включению в соответствующий участок цепи резистора R_K , имеющего большое сопротивление, так что после размыкания K ток, протекающий через конденсатор, $i_C \approx 0$.

Система уравнений для схемы на рис. 2 при замыкании коммутатора K имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} + i_1 R_1 - u_C &= 0; \\ i_3 R_3 + L_3 \frac{di_3}{dt} - u_C &= 0; \\ C \frac{du_C}{dt} &= -i_1 - i_3; \\ L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} + i_2 (R_2 + R_H) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

После размыкания коммутатора K система уравнений будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} + i_1 R_1 + (i_1 + i_3) R_k - u_C &= 0; \\ L_3 \frac{di_3}{dt} + i_3 R_3 + (i_1 + i_3) R_k - u_C &= 0; \\ C \frac{du_C}{dt} &= -i_1 - i_3; \\ L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} + i_2 (R_2 + R_H) &= 0. \end{aligned} \right\} (12)$$

Системы дифференциальных уравнений (5), (11), (12) удобно решать численным методом переменных состояния с помощью пакета программ MathCad [6].

Была исследована работа схемы (рис. 1) с параметрами:

$$E = 12 \text{ В}; R_H = 1 \text{ Ом};$$

$$R_1 = 1 \text{ Ом};$$

$$L_1 = L_2 = 100 \text{ мГн};$$

$$R_2 = 1 \text{ Ом}; R_K = 1000 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом}; K_{CB} = 0,8; M = 80 \text{ мГн}.$$

Установившиеся значения токов до размыкания $i_1(0_-) = 6 \text{ А}$; $i_2(0_-) = 0 \text{ А}$.

По результатам моделирования получен импульс тока в нагрузке $i_2(t)$ (рис. 4). Максимальное значение тока в нагрузке $R_H = 10 \text{ Ом}$ составило $i_{2m} = 4,62 \text{ А}$ при длительности импульса $t_{\text{имп}} = 0,05 \text{ с}$. Средняя мощность импульса тока в нагрузке по результатам расчета равна

$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{t_{\text{имп}}} \int_0^{t_{\text{имп}}} i_2^2 \cdot R_H = 1,32 \text{ Вт}.$$

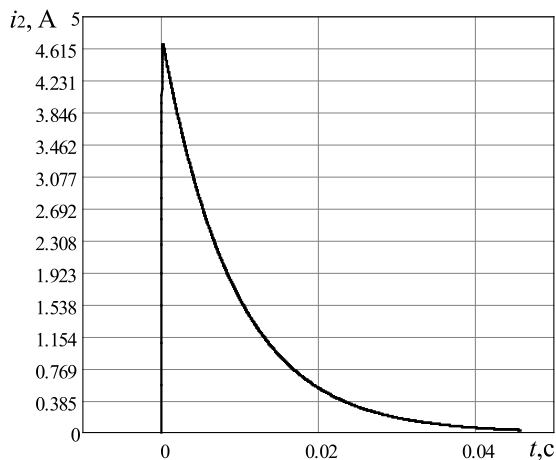


Рис. 4. Ток в нагрузке при размыкании коммутатора K

Была исследована также схема индуктивно-импульсного генератора (рис. 2) с такими же параметрами и параметрами дополнительной катушки индуктивности $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$, $L_3 = 100 \text{ мГн}$. Следует отметить, что перспективным является применение в данной схеме суперконденсаторов, поэтому величина ёмкости конденсатора составляет $C = 10 \text{ Ф}$.

Начальные значения токов и напряжения на конденсаторе до замыкания коммутатора в момент времени $t = 0$ составили:

$$i_1(0_-) = 0 \text{ А}; \quad i_2(0_-) = 0 \text{ А};$$

$$i_3(0_-) = 0 \text{ А}; \quad u_C(0_-) = 12 \text{ В}.$$

На рис. 5, а, б, в показаны расчетные кривые напряжения конденсатора $u_C(t)$, токов в катушках $i_1(t)$, $i_3(t)$ после замыкания коммутатора K , полученные при решении системы уравнений (11). Размыкание коммутатора K должно производиться при достижении максимального тока в катушках R_1 , L_1 и R_3 , L_3 . Из графиков следует, что максимальное значение тока $i_{1m} = 11,1 \text{ А}$ достигается в момент времени $t = 0,4 \text{ с}$, а максимальное значение тока $i_{3m} = 21 \text{ А}$ при $t = 0,6 \text{ с}$. Это связано с тем, что активное сопротивление катушки $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$, что в два раза меньше активного сопротивления первичной обмотки импульсного трансформатора $R_1 = 1 \text{ Ом}$. С помощью системы уравнений (12) были проведены расчеты тока $i_2(t)$ в нагрузке при размыкании коммутатора K в различные моменты времени $t = 0,4 \text{ с}$, $t = 0,5 \text{ с}$, $t = 0,6 \text{ с}$. Начальные значения токов в катушках и напряжения на конденсаторе при размыкании коммутатора в момент времени $t = t_{0-}$ составили

$$i_1(0_-) = 10,4 \text{ А}; \quad i_2(0_-) = 0 \text{ А};$$

$$i_3(0_-) = 21 \text{ А}; \quad u_C(0_-) = 10,4 \text{ В}.$$

Максимальное значение тока в нагрузке $R_H = 10 \text{ Ом}$ составило

$$i_{2m} = 17 \text{ А}; \quad i_{2m} = 17,1 \text{ А}; \quad i_{2m} = 17,2 \text{ А}.$$

На рис. 6, а показан импульс тока $i_2(t)$ в нагрузке при размыкании коммутатора в момент времени $t = 0,6 \text{ с}$. Длительность импульса тока $i_{\text{имп}} = 0,025 \text{ с}$. Средняя мощность импульса тока в нагрузке по результатам расчета равна

$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{t_{\text{имп}}} \int_0^{t_{\text{имп}}} i_2^2 \cdot R_H = 12,1 \text{ Вт}.$$

Таким образом, происходит увеличение амплитуды импульса тока в 3,72 раза при увеличении средней мощности в 9,16 раз.

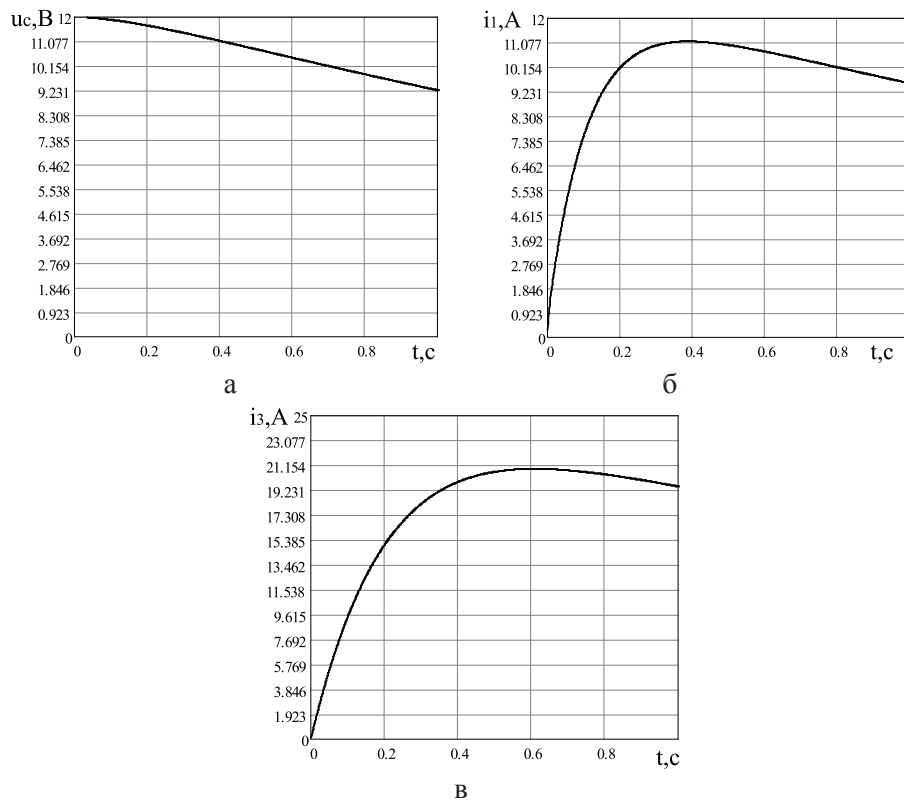


Рис. 5. Напряжения и токи при замыкании коммутатора K :
 а – напряжения на конденсаторе C ; б – ток в катушке R_1, L_1 ; в – ток в катушке R_3, L_3

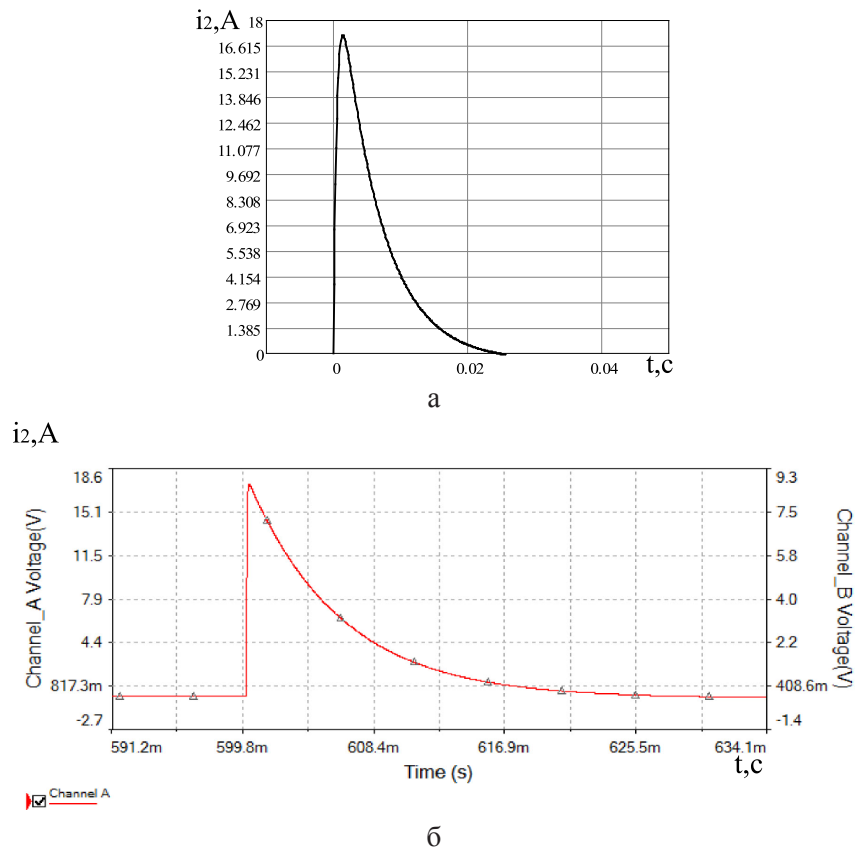


Рис. 6. Ток в нагрузке при размыкании коммутатора K

С помощью программы Multisim были проведены экспериментальные исследования работы схемы индуктивно-импульсного генератора с такими же параметрами. На рис. 6, б представлена осциллограмма импульса тока $i_2(t)$ в нагрузке. Максимальное значение тока составило $i_{2m} = 17,5$ А при длительности импульса $i_{\text{имп}} = 0,025$ с, что практически совпадает с расчетным значением.

Выводы

1. Предложена схема индуктивно-импульсного генератора импульсов тока, которая позволяет исключить влияние внутреннего сопротивления R_E и увеличить амплитуду и мощность импульсов тока в нагрузке.

2. Разработаны математические модели работы схемы, формирующей импульс тока в линейной активной нагрузке при размыкании источника ЭДС, имеющей внутреннее сопротивление R_E и схемы индуктивно-импульсного генератора при работе на линейную активную нагрузку.

3. Методом переменных состояния проведены сравнительные расчетные исследования обеих схем. По результатам исследований получено, что в схеме индуктивно-импульсного генератора при работе на линейную активную нагрузку происходит увеличение импульса тока в 3,72 раза, при увеличении средней мощности импульса в 9,16 раза.

4. Экспериментальные исследования схемы индуктивно-емкостного генератора, проведенные с помощью программы Multisim, практически полностью совпали с расчетными.

5. Схема индуктивно-импульсного генератора импульсов тока может успешно применяться в качестве источника мощных импульсов тока для работы на нелинейную активную нагрузку в различных устройствах электрофизической обработки материалов и в различных электрофизических технологиях.

Список литературы

1. Пичугина М.Т. Физика и техника генерирования и измерения высоковольтных и сильноточных сигналов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 209 с.
2. Соковнин С.Ю. Мощная импульсная техника. – Екатеринбург: Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ, 2008.
3. Росс Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. – М.: За рулем, 2004. – 94 с.
4. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники: В 3 т. – СПб.: Питер, 2003. – Т. 2. – 576 с.
5. Пустынников С.В. Индуктивно-импульсный генератор // Патент России № 144235. – 2014. Бюл. № 22.
6. Плис А.И., Сливина Н.А. MathCad 2000. Лабораторный практикум по высшей математике. – М.: Высшая школа, 2000. – 716 с.

References

1. Pichugina M.T. Fizika i tehnika generirovaniya i izmerenija vysokovol'tnyh i sil'notochnyh signalov. Tomsk: Izd-vo TPU, 2004. 209 p.
2. Sokovnin S.Ju. Moshhnaja impul'snaja tehnika. Ekaterinburg: Izdatel'stvo GOU-VPO UGTU-UPI, 2008.
3. Ross Tveg. Sistemy zazhiganija legkovyh avtomobilej. M.: Za rulem, 2004. 94 p.
4. Demirchjan K.S., Nejman L.R., Korovkin N.V., Chечurin V.L. Teoreticheskie osnovy jelektrotehniki: V 3 t. SPb.: Piter, 2003. T. 2. 576 p.
5. Pustynnikov S.V. Induktivno-impul'snyj generator // Patent Rossii no. 144235. 2014. Bjul. no. 22.
6. Plis A.I., Slivina N.A. MathCad 2000. Laboratornyj praktikum po vysshej matematike. M.: Vysshaja shkola, 2000. 716 p.

УДК 356

АВТОНОМНЫЕ И ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ МАШИНЫ ПОДДЕРЖКИ ПЕХОТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ И НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Романов И.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А., Романов А.Д.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru*

В настоящее время во всем мире активно развивается направление разработки автоматизированных и дистанционно управляемых машин. Основными разработчиками являются США, Израиль и европейские страны. В статье представлены концепции создания автономных и дистанционно управляемых машин поддержки пехотного отделения и непосредственного обеспечения боевых действий. Приведены примеры экспериментальных машин и их технические параметры.

Ключевые слова: дистанционно управляемая машина, робот, спешенное пехотное подразделение

INDEPENDENT AND REMOTELY-CONTROLLED MACHINES OF SUPPORT OF INFANTRY OFFICE AND DIRECT ENSURING MILITARY OPERATIONS

Romanov I.D., Chernyshov E.A., Romanova E.A., Romanov A.D.

*The Nizhny Novgorod state technical university of R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru*

Now around the world the direction of development of the automated and remotely-controlled cars actively develops, the main developers are the USA, Israel and the European countries. Concepts of creation of independent and remotely-controlled machines of support of infantry office and direct ensuring military operations are presented in article. Examples of experimental cars and their technical parameters are given.

Keywords: remotely-controlled car, robot, infantry division

На протяжении столетий для обеспечения снабжения войсковых частей и перемещения тяжелого вооружения на поле боя использовались вьючные животные, в основном это были лошади, мулы и верблюды. С развитием средств механизации использование животных для снабжения отошло на второй план, однако и в настоящее время

ряд подразделений используют немеханизированные логистические средства, такие как, например, вьючные караваны, несмотря на их непредсказуемость, малую скорость передвижения и собственные логистические издержки. В обмен они получают низкую стоимость и невероятную адаптируемость к окружающим условиям (рис. 1).



Рис. 1. Караван с оружием на подъеме в горы [1]

Однако для ведущих вооруженных сил мира в настоящее время такой вариант неприемлем. Поэтому сегодня наблюдается повышенный интерес на пользовательском уровне к автоматизированным средствам поддержки, где накоплен большой опыт непосредственного негативного влияния массы боевого снаряжения, которую должен носить ежедневно спешенный солдат [2, 3]. Если возможности солдата на поле боя не должны ухудшаться из-за излишнего носимого веса, то, по всей видимости, крайне необходима некая форма механической помощи. Это могут быть как экзоскелеты так и механические системы групповой транспортировки снаряжения.

Разработка и внедрение технологий робототехники является одним из приоритетных направлений создания новых и модернизации существующих на вооружении образцов техники. В США предусматривается разработка и внедрение в войска на перспективу более 170 типов наземных роботов. Их разработка осуществляется в рамках программы «Модернизация боевых бригадных групп» (Army Brigade Combat Team Modernization). При этом среднегодовой объем финансирования НИОКР и закупок составляет порядка 1,3–1,5 млрд долларов.

Прекращение работ по обитаемым машинам, разрабатываемым армией США, в программе MGF FCS и переход к разработке высокозащищенной боевой машине пехоты IFV GCV, не ограниченной требованиями авиатранспортирования, указывает на то, что следующее поколение боевых машин в США будет разрабатываться с широким использованием роботизированных платформ. Поэтому все большее распространение находят автоматизированные системы, которые становятся более интеллектуальными в связи с необходимостью снизить негативное влияние боевой нагрузки. Кроме того, наземные автоматические системы могли бы как минимум сохранять жизни и обеспечивать пути снабжения на спорной территории. К тому же дополнительная «мускульная сила», которую они предоставляют, могла бы также усилить огневую мощь и боевую устойчивость пехотных подразделений на переднем крае.

Дистанционно управляемые применяемые в настоящее время можно условно разделить на 3 подгруппы:

- малогабаритные беспилотные машины – Small Unmanned Ground Vehicle;
- многофункциональные машины поддержки – Multifunctional Utility Logistics and Equipment platform;
- вооруженные роботизированные машины – Armed Robotic Vehicle.

Машины массой до 1 т получили наибольшее распространение в мире и широко используются военными при проведении операций в различных условиях, в том числе в Ираке и Афганистане. В перспективе предусматривается создание полностью автономных роботизированных формирований.

Имея постоянную нехватку людских ресурсов и требования по охране границ, израильская армия была в числе первых, кто принял на вооружение беспилотную платформу. В частности, Guardium был разработан компанией G-NIUS, совместным предприятием между Elbit и Israel Aerospace Industries (IAI). Диапазон задач включает патрулирование, проверку маршрутов, безопасность конвоев, разведку и наблюдение и непосредственное обеспечение боевых действий. В своей основной конфигурации машина базируется на внедорожнике TomCar 4x4, длиной 2,95 м, высотой 2,2 м, шириной 1,8 м и грузоподъемностью 300 кг. Максимальная скорость в полуавтономном режиме составляет 50 км/ч.

В 2009 году G-NIUS представила удлиненный вариант Guardium-LS, оптимизированный для логистики. Он базируется на шасси TM57, длина составляет 3,42 м, грузоподъемность до 1,2 тонны. Аппарат может работать в управляемом или автоматическом режимах, при этом у него имеются датчики «преследования», позволяющие автоматически следовать указаниям человека или за другими транспортными средствами в колонне.



Рис. 2. Rex

Примером меньшей по размерам машины является «полевой носильщик» Rex. Он представляет собой концепцию простой и относительно дешевой универсальной транспортной платформы. Четырехколесный полноприводный 150-килограммовый Rex может перевозить различные грузы весом до 250 кг. Он способен перевозить

200 кг снаряжения и припасов, имеет запас хода до 100 км, что позволяет действовать до трех дней без дозаправки. Размеры REX составляют 50×80×200 см, максимальная скорость 12 км/ч, радиус поворота 1 метр и максимальный преодолеваемый уклон 30 градусов. REX следует за солдатом по виртуальным «хлебным крошкам», которые пехотинец оставляет за собой. Фактически робот повторяет путь оператора, ориентируясь на местности с помощью простых ультразвуковых датчиков и GPS. REX обучен исполнять простые команды вроде «иди за мной», «стой» или «вперед». Оператор может приказывать роботу двигаться на определенном расстоянии позади группы или пройти вперед к следующей контрольной точке, преодолевая опасные участки. При этом REX способен самостоятельно объезжать препятствия или дистанционно управляться с пульта.

Шестиколесная машина снабжения R-Gator, разработанная компанией John Deere в сотрудничестве с iRobot, может работать в ручном или автоматическом режимах. В машине установлен дизельный двигатель мощностью 25 л.с., запас хода до 500 км, максимальная скорость 56 км/ч в ручном режиме и 0–8 км/ч в дистанционном или автоматическом режимах. Машина имеет размеры 3,08×1,65×2,13 м, собственную массу 861 кг, объем грузового отсека 0,4 м³ и грузоподъемность 453 кг. Стандартная видеосистема у R-Gator включает фиксированные передние и задние цветные телекамеры с полем зрения 92,5 градусов и стабилизированную панорамную камеру. Он оснащен сенсорами LIDAR переднего и заднего обзора, которые позволяют обнаруживать препятствия на расстоянии до 20 метров в дистанционном и автоматическом режимах. GPS-система местонахождения может комбинироваться с инерциальной системой с целью повышения точности.



Рис. 3. SMSS



Рис. 4. Компьютерное изображение Porter от Vecna Robotics

Аппарат Crusher, разработанный национальным центром проектирования робототехники при Университете Карнеги – Меллона при финансировании DARPA, являлся одним из первых тяжелых роботов. Конструкция корпуса представляет собой жесткий пространственный скелет из алюминиевых труб различного сечения, соединенных узловыми элементами из титана и покрытых стальным листом. Каждое из шести колес имеет независимую рычажную подвеску с амортизаторами переменной жесткости и регулируемым дорожным просветом. В ступицы колес вмонтированы электромоторы постоянного тока, напряжение на них поступает от литий-ионной батареи, которую в свою очередь в постоянном режиме заряжает бортовой генератор, вращаемый турбодизелем 1,9 TDI. Ни одно колесо не имеет механизма поворота, тем не менее эта машина способна выполнять сложные маневры, характерные для гусеничной техники. В феврале 2008 года испытания двух экспериментальных образцов были проведены в пустыне Эль-Пасо, база Форт-Блисс. Машины уверенно преодолевали 45-градусные горные склоны, а также структурированные препятствия (бетонные доты, легковые автомобили, противотанковые рвы). Более 100 км по бездорожью они прошли со средней скоростью свыше 10 км/ч в полностью автономном режиме – дистанционное управление использовалось только для демонстрации потенциала концепции. Несмотря на успешные испытания, Crusher не была принята на вооружение, так как в опытном производстве находится более совершенная ее версия.

Компания Lockheed Martin Missiles and Fire Control System разработала один из «краеугольных камней» семейства MULE (Multifunction Utility Logistics and

Equipment), являвшийся частью армейской программы FCS (Future Combat Systems). Аппарат MULE имеет максимальную скорость по шоссе 65 км/ч, общую массу 2,26 тонны. Основная рама поддерживалась на шести независимых подпружиненных, шарнирных колесах, в ступицах которых были установлены электродвигатели. Эту комбинированную дизель-электрическую систему приводил в действие дизельный двигатель Thielert мощностью 135 л.с. Предполагалось, что машина будет изготавливаться в трех вариантах: штурмовой ARV-A-L (Armed Robotic Vehicle – Assault Light); MULE-CM (Countermine – противоминный); и MULE-T (Transport) – транспортный, способный перевозить 862 кг снаряжения.

Еще одной совместной разработкой компаний Lockheed Martin и Land Tamer является транспортная ДУМ SMSS (Squad Mission Support System). При массе 1,8 тонны эта платформа 6х6 имеет запас хода по шоссе 500 км и 320 км по пересеченной местности. Машиной может управлять либо водитель на борту, либо оператор дистанционно, либо она может действовать в автономном режиме. Заявленная полезная грузоподъемность машины свыше 454 кг. При полной нагрузке запас хода составляет по шоссе 160 км и по бездорожью 80 км. Прототипы SMSS Block 0 прошли испытания в армейском пехотном центре в Форт Беннинге в августе 2009 года, после чего компания изготовила первые два прототипа Block 1. В середине 2011 года две системы SMSS были развернуты в Афганистане с целью эксплуатационных испытаний, где были подтверждены ее эксплуатационные достоинства.

Компания Vecna Robotics представила проект аппарата Porter, предназначенный для перемещения грузов массой от 90 до 272 кг. Масса базового аппарата 4х4 составляет 90 кг, длина 1,21 м, ширина 0,76 м и высота 0,71 м, максимальная скорость 16 км/ч, дальность хода до 50 км, питание осуществляется от литий-полимерной батареи. Porter предлагается с комплектом полуавтономного управления с режимами «следуй за мной» и «конвойным» или с комплектом автономного управления, включающим GPS навигацию, планирование маршрута и картографирование местности.

Необычный четвероногий аппарат, разработанный американской компани-

ей Boston Dynamics, финансировался DARPA при участии корпуса морской пехоты и армии. Big-Dog – робот массой около 109 кг, высотой 1 м, длиной 1,1 м и шириной 0,3 м. Его прототип оценивался в Форт Беннинге в качестве вспомогательного устройства при пешем патрулировании. Типичная нагрузка этого прототипа для всех типов местности составляет 50 кг (вверх вниз по уклону 60 градусов), на плоской поверхности был показан максимум 154 кг. Режимы передвижения включают ползание на скорости 0,2 м/с, быстрый ход 5,6 км/ч, бег рысью 7 км/ч, «прыгающую походку» 11 км/ч. Основной двигатель двухтактный с водяным охлаждением мощностью 15 л.с., он приводит в действие масляный насос, который в свою очередь приводит в действие четыре исполнительных механизма для каждой ноги. Стереовидеосистема состоит из двух стереокамер, компьютера и программного обеспечения. Она определяет форму поверхности непосредственно перед роботом и распознает свободный путь. В аппарате BigDog установлен LIDAR для автоматического следования указаниям человека. Кроме того, возможно управление удаленным оператором.



Рис. 5. BigDog преодолевает заснеженный склон

На раннем этапе BigDog продемонстрировал, что он может ходить по пересеченной местности 10 км в течение 2,5 часов, но компания Boston Dynamics в настоящее время работает над расширением конструктивных ограничений. Нынешняя озвученная цель программы LS3 (Legged Squad Support System – шагающая система поддержки отделения), в рамках которой финансируется BigDog, – это способность носить 400 фунтов (181 кг) в течение 24 часов.

Заключение

Практически во всех развитых странах мира активно развиваются технологии наземного военного роботостроения, но в основном делается упор на ударных роботах и системах, предназначенных для разминирования и разведки [4–6]. Причем первые серийные «телеуправляемые танки» появились в СССР еще до начала Второй мировой войны. Однако до настоящего времени разработки автоматизированных систем логистической поддержки небольших подразделений пехоты развиваются в основном только в Израиле и США.

Список литературы

1. Зубов В. Американские наземные малогабаритные дистанционно управляемые машины. // Зарубежное военное обозрение. – 2011. – № 9. – С. 42–44.
2. Санников В., Дмитриев С. Разработка в США наземных дистанционно управляемых машин // Зарубежное военное обозрение. – 2012. – № 3 – С. 55–61.
3. Смирнов В.П. Оценка эффективности защиты армейских средств индивидуальной бронезащиты // Техника и вооружение. – 2013. – № 7.
4. Фотоматериалы афганской войны [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – режим доступа: <http://afghanwar.spb.ru>.
5. Чернышов Е.А., Абросимов А.А., Романов И.Д., Романов А.Д., Романова Е.А. Современная боевая травма

и развитие средств индивидуальной бронезащиты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9. – С. 42–47.

6. Чернышов Е.А., Беляков В.В., Макаров В.С., Романов А.Д., Зезюлин Д.В. Концепция разработки наземной дистанционно управляемой машины с ограниченными автономными возможностями // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 12. – С. 39–43.

References

1. Zubov V. Amerikanskije nazemnye malogabaritnye distantsionno upravlyaemye mashiny // Zarubezhnoe voennoe obozrenie. 2011. no. 9. pp. 42–44.
2. Sannikov V., Dmitriev S. Razrabotka v SSHA nazemnykh distantsionno upravlyaemykh mashin // Zarubezhnoe voennoe obozrenie. 2012. no. 3. pp. 55–61.
3. Smirnov V.P. Otsenka effektivnosti zashchity armeyskikh sredstv individual'noy bronezashchity // Tekhnika i vooruzhenie. 2013. no. 7.
4. Fotomaterialy afganskoy vojny [Elektronnyy resurs]. – Elektron. dan. – rezhim dostupa: <http://afghanwar.spb.ru>.
5. Chernyshov E.A., Abrosimov A.A., Romanov I.D., Romanov A.D., Romanova E.A. Sovremennaya boevaya travma i razvitie sredstv individualnoy bronezashchity. // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2014. no. 9. pp. 42–47.
6. Chernyshov E.A., Belyakov V.V., Makarov V.S., Romanov A.D., Zezyulin D.V. Kontseptsiya razrabotki nazemnoy distantsionno upravlyaemoy mashiny s ogranichennymi avtonomnymi vozmozhnostyami // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2013. no. 12. pp. 39–43.

УДК 629

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА КОРПУСА МАЛОГО УЧЕБНОГО СУДНА ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романов А.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru*

В работе представлен обзор литературных данных по технологии производства корпусов и элементов судов из композиционных материалов, срокам их активной эксплуатации, а также возможности их оперативного ремонта.

Ключевые слова: композиционные материалы, полиэфирная смола, ремонтпригодность, учебное судно

JUSTIFICATION OF A CHOICE OF MATERIAL OF THE CASE OF THE SMALL TRAINING SHIP FROM COMPOSITE MATERIALS

Romanov A.D., Chernyshov E.A., Romanova E.A.

*The Nizhny Novgorod state technical university of R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru*

In work the review of literary data on the production technology of cases and elements of courts from composite materials is submitted, to terms of their active operation, and also possibility of their expeditious repair.

Keywords: composite materials, polyester pitch, maintainability, training ship

В настоящее время в России создано значительное число судов с одно-, двух- мачтовым парусным вооружением, стилизованным «под старину», часть из которых используется для обучения. Создание конкурентоспособного учебного парусного судна [1], предназначенного для серийной постройки и возможности эксплуатации на внутренних водных путях, позволит эффективнее проводить обучение молодого поколения моряков. Несмотря на то, что сталь в настоящее время – наиболее распространенный судостроительный материал, а также разрабатываются новые судостроительные стали [2], предлагается создать парусное судно с корпусом из композиционных материалов.

Первые суда из стеклопластика были изготовлены во второй половине 30-х годов XX века. С 50-х годов стеклопластиковое судостроение получило широкое распространение в мире, было построено значительное число яхт, рабочих и спасательных катеров и рыболовецких судов, десантно-высадочных судов и др. [3]. В настоящее время большую часть мирового малотоннажного флота составляют суда, имеющие корпуса из неметаллических композиционных материалов. Применение технологии изготовления судовых корпусных конструкций из композиционных материалов позволяет снизить массу на 25–30% при уменьшении стоимости элементов конструкции на 30–40% [4].

Однако постройка корпуса судна из композитных материалов требует специальных навыков, помещения и оборудования. Причем стоимость матрицы для корпуса может превышать стоимость постройки одного кор-

пуса. При этом важным моментом являются габариты судна (крайне желательна транспортировка в автогабарите (рис. 1), в том числе в наклонном положении), масса судна, а также водоизмещение. Предполагается, что учебные суда будут зимовать на берегу, а возможность спуско-подъемных работ, а следовательно, и масса судна, может оказаться критической величиной. Кроме того, для судна с меньшим водоизмещением необходима меньшая по мощности двигательная установка и, следовательно, эксплуатационные расходы [5].

Наиболее распространенным методом постройки судов из пластмасс является формирование корпуса с монолитной оболочкой. Обычно на поверхность матрицы наносят сначала декоративный поверхностный слой, а затем ламинируют матом или тканью, пока не будет достигнута нужная толщина обшивки или необходимая прочность на разрыв. В большинстве случаев в качестве связующего наполнителя используется химически отверждаемая термореактивная смола. В основном используются полиэфирные, эпоксидные, фенольные и др. смолы. Чаще всего в изготовлении деталей сложной конфигурации применяют технологии, суть которых заключается в выкладке «сухой» основы с последующей пропиткой связующим составом («влажная» формовка, Resin Transfer Molding/RTM) или с поочередной выкладкой «сухой» основы с пленочным клеем (вакуумная пропитка, Resin Film Infusion/RFI). Кроме того, широкое распространение получила технология изготовления деталей с использованием препрегов (представляют собой материал основы, пропитанный связующим составом).



Рис. 1. Яхта проекта Рикшет-930 установленная под углом на трейлер, при этом обеспечивается соблюдение автогабарита

При использовании комбинированного метода постройки или «сэндвич-конструкции» корпус состоит из трех основных связанных между собой слоев, имеет армированные стеклотканью несущие слои. В качестве заполнителя между этими слоями применяют преимущественно жесткие пенопласты. Пенопласты, используемые в качестве заполнителей сэндвич-структуры, не только улучшают свойства композитных компонентов, позволяя достигать более высокой объемной плотности армирующих слоев, но также служат структурой, проводящей смолу в процессе пропитки, в том числе после механической обработки поверхности пенопласта, и изготовлении каналов для лучшего распределения смолы. Однако в процессе эксплуатации со снижением жесткости возрастает степень гибкости, испытываемой отдельными участками днища, с ростом гибкости возрастает риск усталостных деформаций. Если корпус имеет сэндвичевую конструкцию, механические разрушения могут наступить довольно скоро. При этом насыщение влагой заполнителя, носящее обширный характер, значительно усложняет и удорожает ремонт.

В настоящее время используя модуль лазерного проецирования (рис. 2), специалисты имеют возможность автоматически генерировать данные для проецирования непосредственно из 3D-модели композитного изделия. Такая схема работы значительно сокращает временные издержки, увеличивает эффективность процесса, снижает вероятность дефектов и ошибок и де-

лает управление данными проще. Комплекс «программное обеспечение – раскройный станок – проекционный лазер» по сравнению с традиционной выкладкой снижает трудоемкость раскроя примерно на 50%, трудоемкость выкладки – примерно на 30%, повышает коэффициент использования материалов [6].

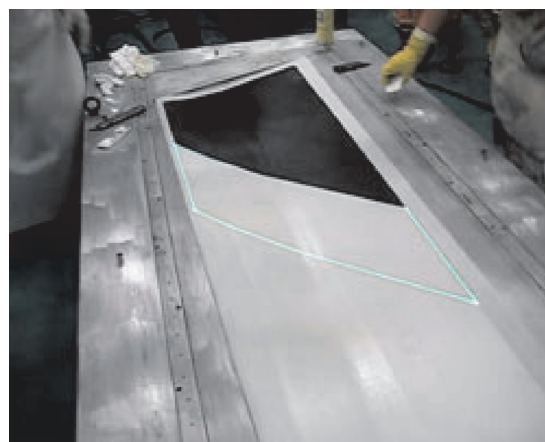


Рис. 2. Система лазерного позиционирования (зеленый контур)

В соответствии с практикой, сложившейся в мировом судоходстве, одним из достоверных критериев оценки эксплуатационной прочности и долговечности корпуса судна является наблюдение за динамикой развития в нем различных эксплуатационных дефектов и износов. По достижении определенных размеров напряжения, действующие в конструкции в районе его расположения, превышают пределы прочности,

установленные проектантом и изготовителем судна в качестве предельно допустимых. Это может привести как к разрушению конструкции при расчетных режимах движения, так и к непропорциональному увеличению зоны аварийных разрушений при нештатных эксплуатационных ситуациях.

В отличие от других материалов, применяемых для изготовления корпусов судов, слоистые композиты типа стеклопластика в процессе старения практически не изменяют своего внешнего вида и размеров, но в них могут возникать внутренние дефекты типа расслоения. В ряде случаев состарившийся расслоившийся стеклопластик с восстановленным декоративным покрытием внешне мало отличается от нового материала.

Понятие долговечности корпусных конструкций из композиционных материалов относится к стойкости композита к воздействиям механических нагрузок, воды, тепла и света. Эксплуатационные дефекты судовых корпусных конструкций из композиционных материалов можно классифицировать по причине возникновения следующим образом:

- дефекты, возникающие вследствие силовых воздействий на конструкцию;
- дефекты, возникающие вследствие воздействия на конструкцию воды;
- дефекты, возникающие вследствие температурных воздействий на конструкцию;
- дефекты, возникающие вследствие воздействия на конструкцию излучения;
- дефекты случайного характера (аварийные).

По окончании гарантийного срока, установленного фирмой-изготовителем на корпусные конструкции судна, оценка их технического состояния является обязанностью и прерогативой органов, осуществляющих техническое наблюдение за судном, и предметом специальных процедур [7].

Полиэфирная смола, применяемая при постройке практически всех пластиковых корпусов, приобретает твердость и прочность в результате реакции при введении отвердителя. Смола – полимер и имеет длинные цепи молекулярных структур. Отвердитель – мономер, способный соединить эти цепи прочными связями между собой. Смолы с большим содержанием мономера – стирола (этиленбензола) были распространенным явлением в 70-х и 80-х годах, и если при изготовлении ламината мономер (стирол) не прореагировал весь с полимером (смолой) еще в начальной, жидкой фазе отверждения смолы, то он остается в массе стеклопластика.

Однако в 90-е годы резко ужесточились законы относительно ограничения количества канцерогенных летучих орга-

нических соединений. Смолы и гелькоуты с тех пор были постепенно изменены в своем химическом составе для уменьшения эмиссии вредных веществ. Но новые, измененные смолы сделали и постройку лодок, и их ремонт значительно более требовательными технически, чем это было прежде. Чтобы уменьшить содержание стирола в смоле был применен другой ингредиент – дициклопентадиен. Дициклопентадиен обладает низкой вязкостью, в содержащие его смолы можно добавлять лишь незначительное количество стирола и при этом получать смолу с вязкостью, пригодной для производства стеклопластикового ламината. При этом применение смолы с дициклопентадиеном и другими новыми ингредиентами, которые способствуют полному отверждению смолы в течение дней, максимум – недель, а не месяцев и лет, как это было прежде, накладывает технологические ограничения на строительство и ремонт судов. В частности, вторичная выклейка (или ламинирование) предполагает приклейку, приформовку свежего стеклопластикового ламината к уже отвердевшему. В случае с «новыми» стеклопластиковыми соединениями прочность соединения отвердевшего ламината со свежим будет обеспечиваться лишь адгезией смолы к «старой», химически инертной, поверхности. В этом случае соединение на молекулярном уровне произойдет на глубину слоя лишь нескольких молекул, что значительно слабее, чем образование единого полимерного блока.

Внутренний, силовой набор корпуса – стрингера, флоры, переборки и проч. – должны быть вставлены на место и приламинированы к корпусу в течение короткого временного промежутка. Даже небольшое количество ультрафиолетового излучения в солнечный день может сократить этот период от нескольких дней до нескольких часов.

Также одной из проблемных мест композитов является осмос, т.е. химический процесс гидролиза, развивающегося вследствие проникновения, или диффузии, воды сквозь тонкий слой гелькоута и появления в ламинате пузырей. Полиэфирные смолы на основе изофталевой смолы (изосмолы) менее склонны к образованию осмоса по сравнению с широко используемой в производстве ортофталевой смолой. Еще большую водостойкость имеет изофталкислотная неопентилгликолевая смола (Iso-NPG). Благодаря применению данных смол можно значительно уменьшить опасность образования осмоса.

Участки вздувшегося пузырями стеклопластика на днище лодки свидетельствуют о том, что имеет место явление, известное как гидролиз стеклопластика. Далеко не всякий корпус, пораженный гидролизом имеет пузыри, но любой пузырящийся корпус в той или иной степени поврежден его процессом. Опыт говорит о том, что все лодки, построенные на полиэфирной смоле, демонстрируют те или иные признаки разрушения гидролизом наружных слоев стеклопластика после 5–10 лет нахождения на воде [8].

Вода проникает сквозь гелькоат как в виде паров, так и в виде жидкости. Гелькоат при постоянном контакте с водой является довольно слабой преградой для ее проникновения. При этом стекловолоконно действует как капилляры и транспортирует воду вглубь ламината. Находясь в близком контакте со смолой в гелькоуте и ламинате, вода образует своего рода химический раствор с тем, что принято называть водорастворимыми веществами, содержащимися в смоле. К этим веществам относятся фталевые кислоты, гликоли, соединения кобальта, растворитель и стирол, который не завершил отверждение в процессе полимеризации. В той или иной степени они присутствуют в любой отвержденной полиэфирной смоле. В некоторых случаях по причине неудовлетворительного качества материалов или же из-за нарушений технологии уровень этих веществ может превышать норму.

Винилэфирные смолы стали сейчас стандартным материалом барьерных покрытий. Будучи разработанными с целью защиты от коррозии и достижения высокой механической прочности, они совмещают хорошие водостойкие качества эпоксидных смол с простотой применения полиэфирных. Теоретическая водостойкость при равной толщине пленки у нее значительно меньше, чем у эпоксидной, но ее низкая стоимость и гибкость позволяет наносить ее толстым слоем, что значительно повышает водостойкость. Винилэфирные смолы также более совместимы с полиэфирными, чем эпоксидные. Прочность клеевого шва на винилэфирной смоле с «родным» стеклопластиком получается выше, чем у полиэфирной и эпоксидной.

В течение более 40 лет в странах Западной Европы и США из полиэфирных стеклопластиков и трехслойных полимерных композиционных материалов – ПКМ (стеклопластик – пенопласт – стеклопластик) изготавливают корпуса кораблей и судов водоизмещением до 900 т [9]. Строительство крупных судов из композиционных материалов наиболее развито в США, Великобритании, Канаде, Франции, Швеции, Италии, Южной Корее и др.

В качестве примеров применения композитов и для оценки их долговечности можно привести следующее: впервые композитные материалы в подводном кораблестроении активно применялись в США при переоборудовании подводных лодок по проекту GUPPI (Great Underwater Propulsive Power) и FRAM (Fleet Rehabilitation and Modernization). Они получили новые ограждения боевых рубок и выдвижных устройств, изготовленных с применением полиэфирного стеклопластика. В настоящее время в конструкциях ПЛ стеклопластик занимает значительный объем, например, при выполнении элементов конструкции ПЛ пр. 212.

В СССР в 1964 году был спущен на воду корабль противоминной обороны (ПМО) с корпусом из композиционного конструкционного стеклопластика водоизмещением 320 т пр. 1252 «Изумруд». За период его длительных испытаний и службы в составе ВМФ трижды заменялись главные двигатели, израсходовав моторесурс, а внешний вид корпуса как и его прочностные характеристики остались без существенных изменений, как, [10].

При этом возникла проблема ремонтно-пригодности корпуса корабля из стеклопластика. Традиционные способы ремонта, применявшиеся в металлическом судостроении, не подходили. Технологию и материалы, используемые при постройке пластмассового корпуса в цеховых условиях, использовать также было нельзя (корабль находился на плаву). Проблема была решена способом с применением специального связующего, обеспечивающего его полимеризацию при относительно низких температурах и повышенной влажности воздуха. Корпус первого ПМО, получивший в результате столкновения пробоину площадью несколько квадратных метров, был отремонтирован по этой технологии в течение суток.

В настоящее время получают все большее распространение подобные составы, предназначенные для оперативного ремонта композитных корпусов судов, находящихся в море. Например, состав компании [11] предназначен для оперативного ремонта. Для ремонта отсутствует необходимость в применении мерных емкостей, так как состав поставляется в едином пакете (смола, отвердитель, стеклоткань). При применении сначала удаляется разделительная клипса, что позволяет смоле и отвердителю перемешаться. После чего удаляется разделительный слой и происходит пропитка стеклоткани. Затем разрезается общая упаковка и готовый пластырь наклеивается на поврежденный участок. Причем установка пластыря возможна как на поверхности, так и под водой. Состав набирает 90 % прочности в течение часа.



Рис. 3. Поврежденный обтекатель ПЛ пр. 971

Еще одна из областей, где стеклопластик нашел применение, – это изготовление обтекателей гидроакустических комплексов ПЛ [12]. Было создано несколько типов конструкции обтекателей, в том числе конструкция с трехслойной безнаборной обшивкой со средним слоем из сферопластика и наружными слоями из стеклопластика. Многолетний опыт эксплуатации обтекателей из стеклопластика показал надежность и подтвердил правильность принятых научно-технических решений при их разработке и внедрении.

Заключение

Вышеизложенное говорит о том, что в настоящее время современные технологии производства корпусов из композиционных материалов на основе стеклопластика обеспечивают возможность строительства, а также, в случае соблюдения технологии строительства, длительной эксплуатации судов. Для ремонта корпусов из композиционных материалов разработаны и внедрены необходимые технологии, которые позволяют провести аварийный ремонт, в том числе в открытом море или в условиях стоянки без необходимости докования.

Список литературы

1. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Разработка учебного парусного судна для внутренних водных путей // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11–2. – С. 31–33.
2. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Развитие сталей для прочных корпусов подводных лодок // Технология металлов. – 2014. – № 5. – С. 45–48.
3. Конструкция и прочность корпусов судов и кораблей из стеклопластика. Иностранное судостроение в 1965–1973 гг. // Судостроение. – 1973.
4. Францев М.Э. Проектные особенности зарубежных судов их композиционных материалов для прибрежного лова // Судостроение. – 2010. – № 5. – С. 14–16.
5. Проектный анализ конкурентоспособности судов из композиционных материалов / Францев М.Э., Ханухов В.К., Царев Б.А. // Морской вестник. – 2013. – № 10. – С. 9–15.
6. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Современные технологии производства изделий из композиционных материалов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 2. – С. 46–51.
7. Францев М.Э. Эксплуатационные дефекты корпусов стеклопластиковых судов // Катера и яхты. – № 2(212). – С. 90–93, № 3(213). – С. 102–105.

8. Craig Bumgarner Blisters and laminate hydrolysis // Zahniser's Yachting Center Гидролиз стеклопластика и пузырение гелькоата URL: <http://t22.nm.ru/hydrolysis.htm>.

9. Фролов С.Е. Методы создания новых макронеоднородных композиционных материалов и технологические решения при изготовлении из них корпусных конструкций // Судостроение. – 2003. – № 3. – С. 55–59.

10. Лукьянов Н.П. Опыт применения композиционных полимерных материалов для постройки кораблей ПМО // Судостроение. – 2007. – № 3. – С. 19–22.

11. Сайт компании APLTec composite patch. URL: <http://compositpatch.com>.

12. Лукьянов Н.П. Обтекатель гидроакустического комплекса из полимерного композиционного материала // Судостроение. – 2006. – № 4. – С. 55–60.

References

1. Chernyshov E.A., Romanov A.D. Razrabotka uchebnogo parusnogo sudna dlja vnutrennih vodnyh putej // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija. 2013. no. 11–2. pp. 31–33.
2. Chernyshov E.A., Romanov A.D. Razvitie stalej dlja prochnykh korpusov podvodnykh lodok // Tehnologija metallov. 2014. no. 5. pp. 45–48.
3. Konstrukcija i prochnost' korpusov sudov i korablej iz stekloplastika. Inostrannoe sudostroenie v 1965–1973 gg. // Sudostroenie. 1973.
4. Francev M.Je. Proektnye osobennosti zarubezhnykh sudov ih kompozicionnykh materialov dlja pribreznogo lova // Sudostroenie. 2010. no. 5. pp. 14–16.
5. Proektnyj analiz konkurentosposobnosti sudov iz kompozicionnykh materialov / Francev M.Je., Hanuhov V.K., Carev B.A. // Morskoj vestnik. 2013. no. 10. pp. 9–15.
6. Chernyshov E.A., Romanov A.D. Sovremennye tehnologii proizvodstva izdelij iz kompozicionnykh materialov // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2014. no. 2. pp. 46–51.
7. Francev M.Je. Jekspluatacionnye defekty korpusov stekloplastikovyx sudov // Katera i jahty. no. 2(212). S. 90–93, no. 3(213). pp. 102–105.
8. Craig Bumgarner Blisters and laminate hydrolysis // Zahniser's Yachting Center Gidroliz stekloplastika i puzyrenie gel'koata URL: <http://t22.nm.ru/hydrolysis.htm>.
9. Frolov S.E. Metody sozdaniya novyx makroneodnorodnykh kompozicionnykh materialov i tehnologicheskie reshenija pri izgotovlenii iz nih korpusnykh konstrukcij // Sudostroenie. 2003. no. 3. pp. 55–59.
10. Luk'janov N.P. Opyt primeneniya kompozicionnykh polimernykh materialov dlja postrojki korablej PMO // Sudostroenie. 2007 no. 3. pp. 19–22.
11. Sajt kompanii APLTec composite patch. URL: <http://compositpatch.com>.
12. Luk'janov N.P. Obtekatel' gidroakusticheskogo kompleksa iz polimernogo kompozicionnogo materiala // Sudostroenie. 2006. no. 4. pp. 55–60.

УДК 66.047:664

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ**Руднев С.Д., Киреев В.В., Попов Д.М.***ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово,
e-mail: sdrudnev@yandex.ru*

Цель исследований – выявление закономерностей изменения прочностных свойств тканей биологического происхождения, подвергнутых обезвоживанию и тепловому воздействию в рамках концепции адгезионной природы прочности биологических структур. Представлены результаты исследований на примере образцов из корня лопуха большого (*Arctium lappa*), проведён анализ результатов и их сопоставление с ранее проведёнными исследованиями костной ткани. Установлено, что высушивание создает условия для перехода структур из коагуляционных в конденсационно-кристаллизационные, точку перехода можно считать оптимальной для разрушения материалов биологического происхождения.

Ключевые слова: растительная ткань, сушка, костная ткань, термообработка, прочность, адгезия

SPECIAL FEATURES OF BIOLOGICAL TISSUES' DEFORMATION BEHAVIOUR**Rudnev S.D., Kireev V.V., Popov D.M.***Kemerovo Technological Institute of Food Industry, Kemerovo, e-mail: sdrudnev@yandex.ru*

The objective of this research is to find regularities in changing of strength properties in biological tissues exposed to dewatering and heat treatment in the framework of biological structures strength adhesive nature concept. Research results are exemplified by *Arctium lappa* root samples, results are analyzed and compared to previously conducted research of bone tissue. It is found out that drying creates favorable conditions for structures to transform from coagulative to condensation-crystallizational ones. The point of transition can be considered optimal for destruction of biological material.

Keywords: plant tissue, drying, bone tissue, heat treatment, strength, adhesion

Объёмы переработки природных биологических (растительных и животных) тканей дроблением, измельчением, резанием с трудом поддаются оценке. Эти процессы являются наиболее энергоёмкими в сельхозпереработке, пищевой, лесоперерабатывающей промышленности и т.д. Если на процессы дезинтеграции, по некоторым оценкам, человечество затрачивает до 8% всей вырабатываемой энергии, то не менее трети её приходится на переработку сырья биологического происхождения. Растительное сырьё относится к категории трудноизмельчаемых материалов благодаря прочной волокнистой структуре, содержащей клетчатку в различных её формах.

Наряду с тканями и клетками, играющими в теле растения (как сооружения) роль, аналогичную роли заполнения в железобетонных конструкциях, в растениях имеются ткани и клетки, соответствующие арматуре железобетона: стержням, проволокам, пронизывающим (а иногда и обматывающим) основную массу. Ткани и клетки-одиночки подобного рода можно назвать арматурными, или механическими, а совокупность их – арматурой, стереомом, или механической системой. Арматура растений может быть представлена, нередко уже в пределах одной особи, тремя

различными типами тканей и клеток [1]: склеренхимой, колленхимой и каменистыми клетками (склереидами).

Основными чертами строения, характерными для всех типов арматуры, являются: 1) мощное утолщение клеточных стенок; 2) тесное, за редкими исключениями, смыкание между клетками; 3) отсутствие перфораций в клеточных стенках. Живое содержимое клеток рано отмирает (в типичных склероидах и в склеренхиме), реже сохраняется долго (в клетках колленхимы).

Сильно утолщенные клеточные стенки арматурных тканей обладают высокими физико-механическими качествами. Располагается арматура в органах растений согласно принципам обеспечения механической прочности, в широком смысле слова, с наименьшей затратой материала.

Арматурной тканью, наиболее важной и по распространенности у растений, и по относительной массе материала клеточных стенок, и по значению для прочности растений, является склеренхима, в типичной ее форме – ткань, состоящая из клеток, плотно сомкнутых, прозенхимных (т.е. удлинённых и заостренных на двух противоположных концах), толстостенных, с немногочисленными узкими простыми щелевидными порами, расположенными длинной осью под

острым углом к продольной оси клетки. Клетки склеренхимы могут быть названы толстостенными волокнами. В технике их называют «волоконцами», или «элементарными волокнами». При полном своем развитии клетки склеренхимы обычно не имеют живого содержимого, и полости их заполняются воздухом. К этому времени клеточные стенки в большинстве случаев одревесневают. Сравнительно редко они остаются неодревесневшими.

Материал клеточных стенок типичной склеренхимы по прочности на разрыв ($\sigma_{\text{в}}$) и по величине предела упругости ($\sigma_{\text{упр}}$) близок к строительной стали. В отличие от строительной стали, удлинения склеренхимы упруги почти до разрыва, притом они значительно более высоки, нежели у стали. В связи с этим у склеренхимы величины модуля упругости (E) гораздо ниже,

коконцентрированных дисперсных систем [5, 6, 7].

Целью исследований являлось выявление закономерностей изменения прочностных свойств тканей биологического происхождения, подвергнутых физическим воздействиям (в первую очередь – тепловым), а также обезвоживанию.

В качестве объекта исследования был выбран корень лопуха обыкновенного как перспективный вид сырья широкого диапазона использования.

Для проведения экспериментов было подготовлено 100 образцов корня лопуха большого (*Arctium. lappa*) кубической формы с длиной ребра 10 мм. Все подготовленные образцы подвергались конвективно-радиационной сушке при температуре до 60°C. Кривая сушки образцов корня лопуха обыкновенного представлена на рис. 1.

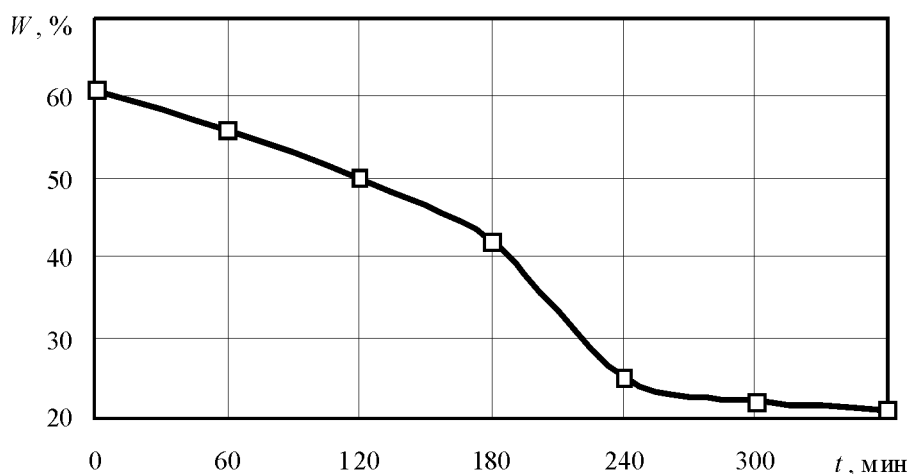


Рис. 1. Кривая сушки образцов корня лопуха обыкновенного

а величины работы деформации («живого» упругого сопротивления) на единицу объема ($a_{\text{уп}}$) выше, нежели у стали. По способности противостоять без остающихся деформаций динамическим нагрузкам склеренхима значительно превосходит строительную сталь.

Решающую роль в процессе разрушения растительного сырья играют физико-химические факторы [1]: поверхностные явления на границе раздела фаз, контактные взаимодействия между ними и, как следствие, непрерывное образование и разрушение трехмерных структур, агрегатов из частиц непосредственно в ходе процессов получения однородных высо-

Для определения прочностных параметров при сжатии и сдвиге партии образцов различной влажности испытывались на приборе «Структурометр СТ-1». Испытания проводились при квазистатическом нагружении сжатием и сдвигом с различными скоростями. Образцы корня лопуха подвергались деформации и разрушению как вдоль волокон, так и поперек при различных скоростях перемещения столика $V = 0,33 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V = 0,83 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V = 1,17 \cdot 10^{-3}$ м/с и $V = 1,67 \cdot 10^{-3}$ м/с; разрушение образца производили до достижения заданного значения предельного усилия нагружения $F = 60$ Н. Это значение было установлено при проведении пробных

экспериментов, оно является достаточным для разрушения любого образца данного типа.

В процессе сжатия и сдвига исследуемых образцов в устройстве при каждом шаге измерений регистрировались следующие экспериментальные данные: N – число измерений (количество перемещений столика); F – усилие нагружения, Н; t – время, с; h – деформация образца (значение перемещения столика), мм. При помощи установленной на персональном компьютере программы полученные данные считывались с прибора и записывались в текстовые файлы для просмотра. Информация была представлена в виде таблиц усилий. Содержимое таблиц иллюстрируется графиками $F = f(N)$.

Были получены зависимости предельных напряжений разрушения и сдвига от

влажности образцов. Предельное напряжение разрушения $\sigma_{пр}$, МПа, и предельное напряжение сдвига $\tau_{пр}$, МПа, вычислялись по формуле

$$\sigma_{пр} = \frac{F}{S_{\perp} \cdot k}; \quad \tau_{пр} = \frac{F}{S_{\parallel} \cdot k},$$

где F – экспериментальное усилие, Н; $S_{\perp}$ – площадь поперечного сечения образца, нормального направлению нагрузке, м²; $S_{\parallel}$ – площадь сечения образца в направлении сдвиговой нагрузки, м²; k – коэффициент усушки.

На рис. 2–5 представлены зависимости предельных напряжений разрушения при сжатии и сдвиге образцов корня лопуха при их различной влажности.

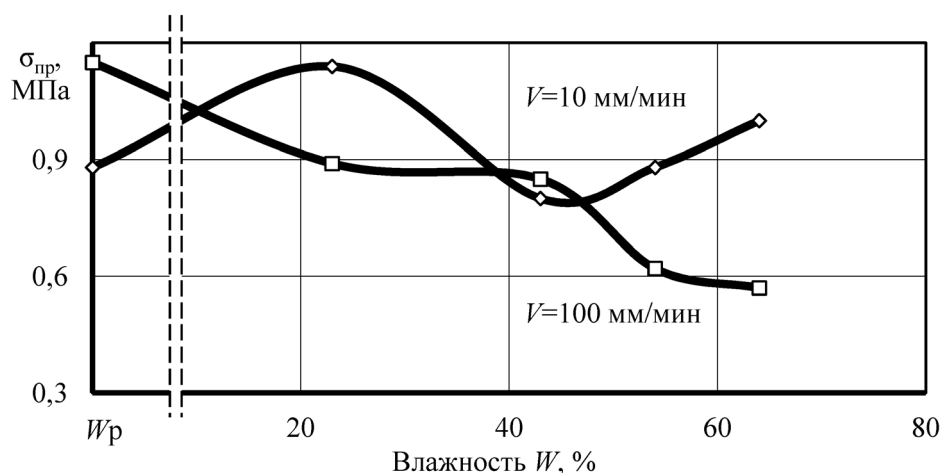


Рис. 2. Зависимость предельных напряжений разрушения $\sigma_{пр}$ от влажности W образцов корня лопуха при сжатии поперек оси

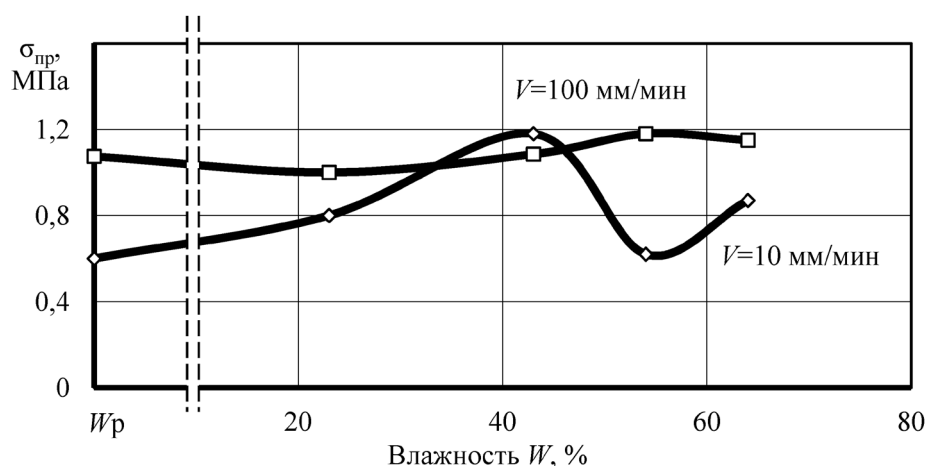


Рис. 3. Зависимость предельных напряжений разрушения $\sigma_{пр}$ от влажности W образцов корня лопуха при сжатии вдоль оси

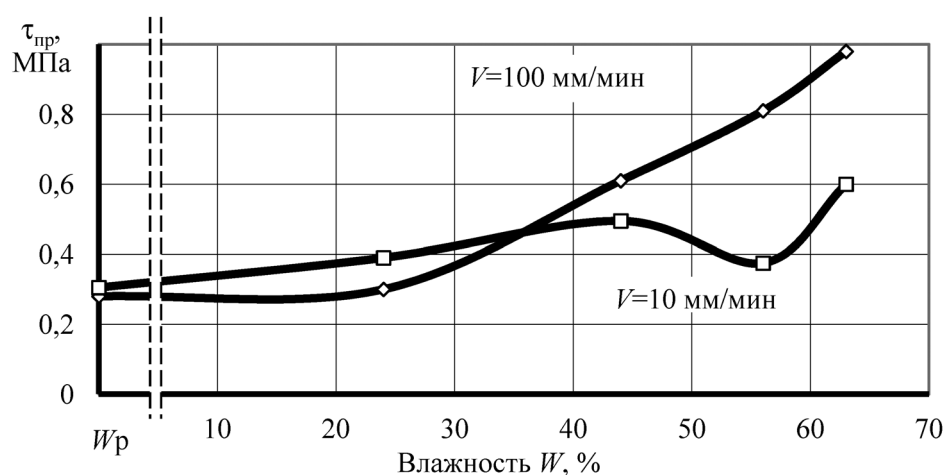


Рис. 4. Зависимость предельных напряжений сдвига $t_{пр}$ от влажности W образцов корня лопуха при сдвиге вдоль оси

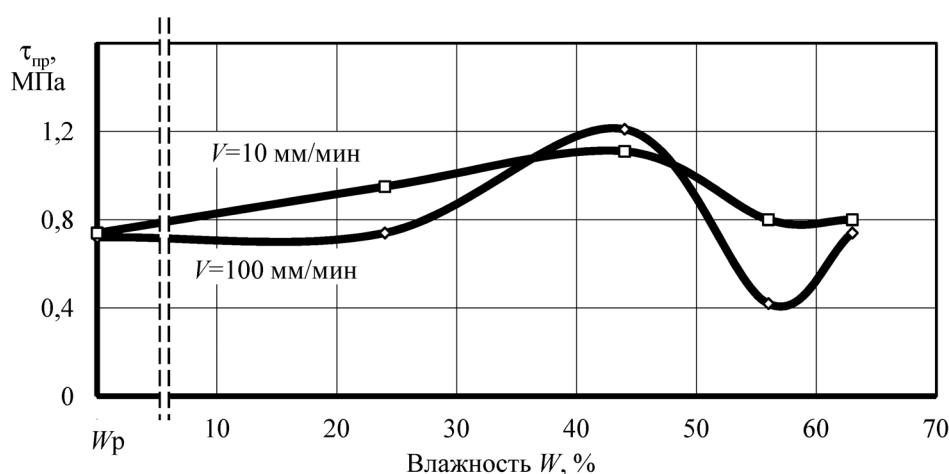


Рис. 5. Зависимость предельных напряжений сдвига $t_{пр}$ от влажности W образцов корня лопуха при сдвиге поперёк оси

Анализ графиков показывает наличие характерных точек и участков. Исходная (нативная) влажность образцов составила 62 %. Понижение влажности до 56 % привело к минимальной прочности при сжатии и сдвиге вдоль волокон и повышению прочности до максимальной при сжатии вдоль оси корня при скорости нагружения 100 мм/мин. Очевидно, что такое деформационное поведение растительной ткани связано с исчезновением тургора, внутреннего давления в клетках, что приводит к снижению упругости ткани, а следовательно, понижению внутренней энергии вещества. Увеличение прочно-

сти при такой влажности на повышенной скорости деформирования, видимо, связано с исчезновением релаксационных процессов, когда напряжения не успевают более равномерно распространиться в объёме образца.

Влажность материала, близкую к 44 %, можно назвать первой критической точкой. При этой влажности происходит резкое изменение скорости сушки, практически заканчивается уменьшение размеров образцов (усушка), а на кривых прочности наблюдаются экстремумы, либо же возрастающая прочность. Несомненно, что при этой влажности заканчивается удаление

физически связанной влаги из образцов, преимущественно из межклеточных пространств [8].

При квазистатическом сжатии вдоль оси, а также при сдвиге как вдоль, так и поперек волокон при влажности 44% прочность образцов достигает максимума. Удаление влаги приводит к формированию более прочного адгезионного взаимодействия между клеточными структурами растительной ткани, несмотря на отсутствие активной воды, внутренняя энергия вещества повысилась, связанная физико-химически с макромолекулами растительной ткани вода повышает не только межклеточную, но и межструктурную прочность образцов.

Дальнейшее обезвоживание образцов приводит к стабильному снижению прочности до минимальной при равновесной влажности, и только при сжатии поперек волокон наблюдается рост прочности при повышенной скорости приложения нагрузки. Природа прочности растительной ткани при минимальной влажности, скорее всего, перестает носить адгезионный характер и определяется прочностью целлюлозного каркаса при растяжении, в частности – поперечными связями между макромолекулами биополимеров.

Следует отдельно рассмотреть влияние скорости деформирования образцов на их прочность. В нашем случае ис-

пытания проведены при скоростях 10 и 100 мм/мин. При нативной влажности, когда образцы сжимались вдоль оси и при сдвиге поперек оси, десятикратное увеличение скорости привело к более чем двукратному повышению предела прочности. При влажности 56% разность прочностей при различных скоростях увеличилась независимо от вида испытаний. После удаления активной воды разница в деформационном поведении образцов значительно снизилась, особенно при сдвиге.

Интересным представляется сравнение динамики изменения прочностных свойств растительной и животной ткани, например – костной. Структурной и функциональной единицей костной ткани является остеон. Остеон – это система концентрических цилиндрических костных пластинок, вставленных друг в друга. Между пластинками остеона находятся костные клетки. Остеоны ориентированы по направлению действия наибольших нагрузок, между ними располагаются вставочные костные пластинки. По данным А.А. Соколова (МТИММП, кафедра технологического оборудования мясокомбинатов), на прочностные свойства кости значительно влияет термическое воздействие. График зависимости ударной вязкости от продолжительности термической обработки представлен на рис. 6.

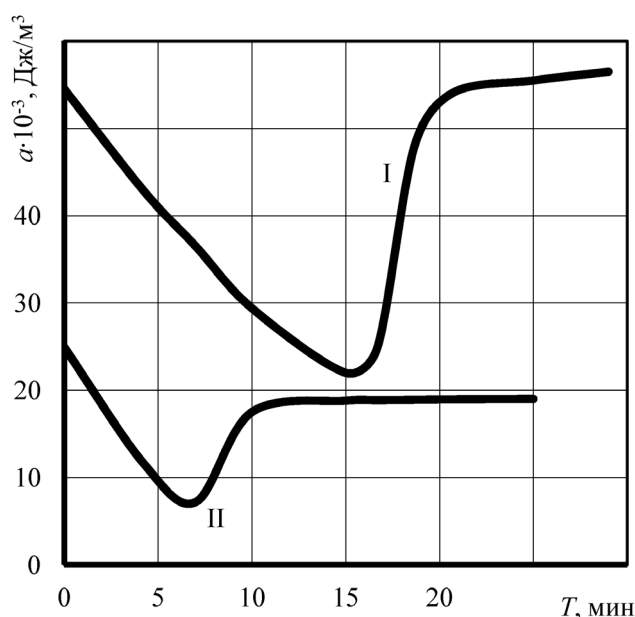


Рис. 6. Зависимость ударной вязкости костной ткани от продолжительности термической обработки (по результатам А.А. Соколова):
I – говяжья реберная кость, II – свиная реберная кость

Как объяснить резкое снижение прочности кости в результате термической обработки? Если подходить к этому вопросу с позиции адгезионной природы прочности биологических тканей [2, 3, 4], то картина становится достаточно ясной. Белки оссеина и коллаген выступают в костной ткани связующим межклеточным веществом. Молекулы воды активно участвуют в поверхностном взаимодействии молекул белка друг с другом и с другими веществами. Термообработка повышает внутреннюю энергию костной ткани, в том числе энергию молекул воды. Последние освобождаются от внешних связей и выходят в свободное состояние. Общая активность воды увеличивается, адгезионная прочность резко снижается. Дальнейшая термообработка, как видно из графиков, практически восстанавливает исходную прочность костной ткани. Но она меняет свой состав и структуру. Белки подверглись денатурации, молекулы воды, находившиеся в связанном с белками состоянии, освободились и вышли в раствор, влага внутри ткани сохранилась только в химически и частично физико-химически связанном виде. Возрастание прочности в таком состоянии костной ткани можно объяснить формированием более компактной формы молекул белка, созданием непосредственного межмолекулярного контакта между ними и другими веществами. В таком состоянии кость становится более хрупкой, так как практически исчезает микроподвижность между минеральными пластинками, межклеточное вещество становится «более жёстким».

В результате проведенных исследований и их анализа установлено, что прочность обезвоженного растительного сырья определяется адгезионным поверхностным взаимодействием его макроструктур и «кирпичиков» (частично обезвоженных растительных клеток). Поверхностные белки клеточных мембран взаимодействуют с белками соседней мембраны как непосредственно, так и с участием молекул воды и веществом межклеточников, содержащим белки либо пектины. Объекты переработки растительного происхождения чаще всего в нативном состоянии представляют собой коагуляционные дисперсные системы, влага в которых находится во всех формах связи с макромолекулами биополимеров. Высушивание создает условия для перехода структур из коагуляционных, когда поверхностное взаимодействие макроструктур, в частности – растительных клеток,

осуществляется адгезионно (дисперсная фаза – дисперсионная среда), в конденсационно-кристаллизационные. Точку перехода растительной ткани из состояния коагуляционной структуры в конденсационно-кристаллизационную можно считать оптимальной для разрушения материалов растительного происхождения.

Список литературы

1. Биохимия растительного сырья / В.Г. Щербakov и др. – М.: КолосС, 1999. – 376 с.
2. Попов А.М. Физико-химические основы технологий полидисперсных гранулированных продуктов питания. – Новосибирск: Сиб. ун-в. изд-во, 2002. – 324 с.
3. Руднев С.Д. Адгезионная природа прочности растительной ткани // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 8. – С. 50–53.
4. Руднев С.Д., Клеников Д.В. О селективности разрушения материалов // Научное обозрение. – 2006. – №1. – С. 70–73.
5. Руднев С.Д., Попов А.М., Рыбина О.Е. О селективном измельчении, селективности измельчения и селективной функции // Известия ВУЗов: Пищевая технология. – 2006. – № 5. – С. 42–44.
6. Руднев С.Д. Моделирование процесса селективного разрушения двухкомпонентных тел в конусном виброизмельчителе / С.Д. Руднев, Д.В. Клеников // Вестник молодых ученых. – 2004. – № 8. – Серия: Технические науки. – 2004. – № 2. – С. 33–38.
7. Руднев С.Д. Термодинамический подход к определению прочности взаимодействия биологических дисперсных структур / С.Д. Руднев, О.С. Карнадуд // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 4. – С. 12–15.
8. Руднев С.Д. Поверхностные свойства межклеточного вещества растительного сырья / С.Д. Руднев, А.М. Попов, Е.А. Шелеметева // Известия вузов: Пищевая технология. – 2009. – № 4. – С. 17–19.

References

1. Bioximiya rastitelnogo syrya / V.G. Shherbakov [i dr.]. M.: KolosS, 1999. 376 p.
2. Popov A.M. Fiziko-ximicheskie osnovy texnologij polidispersnyx granulirovannyx produktov pi-taniya. Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2002. 324 p.
3. Rudnev S.D. Adgezionnaya priroda prochnosti rastitel'noj tkani // Xranenie i pererabotka selxoz-syrya. – 2011. no. 8. pp. 50–53.
4. Rudnev S.D., Klenikov D.V. O selektivnosti razrusheniya materialov // Nauchnoe obozrenie. 2006. no. 1. pp.70–73.
5. Rudnev S.D., Popov A.M., Rybina O.E. O selektivnom izmelchenii, selektivnosti izmelcheniya i selektivnoj funkcii // Izvestiya VUZov: Pishhevaya texnologiya. 2006. no. 5. pp. 42–44.
6. Rudnev S.D. Modelirovanie processa selektivnogo razrusheniya dvukomponentnyx tel v konusnom vibroizmelchitele / S.D. Rudnev, D.V. Klenikov // Vestnik molodyx uchenyx. 2004. no. 8. Seriya: Tex-nicheskie nauki. 2004. no. 2. pp.33–38.
7. Rudnev S.D. Termodinamicheskij podxod k opredeleniyu prochnosti vzaimodejstviya biologicheskix dispersnyx struktur / S.D. Rudnev, O.S. Karnadud // Xranenie i pererabotka selxozsyrya. – 2009. – no. 4. – pp. 12–15.
8. Rudnev S.D. Poverxnostnye svojstva mezhkлетochnogo veshhestva rastitelnogo syrya / S.D. Rudnev, A.M. Popov, E.A. Shelemeteva // Izvestiya VUZov: Pishhevaya texnologiya. 2009. no. 4. pp. 17–19.

УДК 621.77:669.14.018.27

ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО КАЛИБРОВАННОГО ПРОКАТА ДЛЯ ВЫСАДКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ

Филиппов А.А., Пачурин В.Г., Пачурин Г.В.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Основной причиной образования дефектов на стержневых болтовых изделиях является технологическая переработка проката по всей технологической цепочке, поэтому развитие массового производства упрочнённого крепежа предполагает устранение причин возникновения дефектов от получения проката до изготовления метизов требуемого качества. Переработка горячекатаного проката с металлургическими дефектами увеличивает количество бракованных крепежных изделий и приводит к повышенному расходу металла, а, следовательно, к повышению затрат на изготовление готовой продукции. Одной из важнейших характеристик структурно-энергетического состояния калиброванного проката является удельная энергия, затраченная на его деформацию до момента разрушения. В работе получены значения стандартных механических характеристик (прочностных и пластических) и критериев разрушения калиброванного проката стали 40Х после его изотермической обработки с различными температурами селитровой ванны и волочения с различными степенями деформации. Найдены величины критериев работоспособности, дополняющие стандартные механические характеристики калиброванного проката в оценках работоспособности и трещиностойкости стальных материалов после различных видов и режимов технологической обработки.

Ключевые слова: горячекатаный прокат, изотермическая обработка, волочение, степень обжатия, структура, механические свойства, критерии работоспособности, трещиностойкость

PRODUCING HIGH-QUALITY CALIBRATED ROLLED LANDING HIGH STRENGTH BOLTS

Filippov A.A., Pachurin V.G., Pachurin G.V.

*FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev»,
Nizhny Novgorod, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

The main reason for the formation of defects in the rod bolt products is the technological processing of rolled the entire process chain, so the development of mass production hardened fasteners involves the removal of the causes of defects from getting rolled up to the manufacture of metal products of the required quality. Processing hot rolled metallurgical defects increases with the number of defective fasteners and leads to an increased metal consumption, and hence to improve the production costs of the finished products. One of the most important characteristics of structural and energetic state of the calibrated hire a specific energy expended in its deformation prior to fracture. In this paper, the values of standard mechanical properties (strength and ductility) and fracture criteria sized rolled steel 40X after isothermal treatment at different temperatures saltpeper bath and drawing with varying degrees of deformation. Found values of criteria of efficiency, complementing the standard mechanical characteristics of the calibrated hire in health evaluation and fracture toughness of steel materials after different types and modes of processing.

Keywords: hot-rolled steel, isothermal processing, drawing, reduction ratio, structure, mechanical properties, performance criteria, fracture toughness

Развитие массового производства упрочнённого крепежа предполагает снижение затрат от получения проката до изготовления метизов требуемого качества [8, 9]. Поверхностные дефекты проката, предназначенного для изготовления болтов методом холодной объемной штамповки (ХОШ), увеличивают экономические потери на предприятии. Риски, закаты, волосяны, царапины являются опасными при производстве крепежа. Переработка горячекатаного проката с металлургическими дефектами увеличивает количество бракованных крепежных изделий и приводит к повышенному расходу металла [6, 10]. Основной причиной образования дефектов на стержневых болтовых изделиях является технологическая переработка проката по

всей технологической цепочке. Необходимо использовать для производства крепежных изделий прокат, который способен выдерживать деформации до 75 % без разрушения его поверхности и тела.

60 % крепежа класса прочности 9.8, 10.9 и выше изготавливают из проката стали 40Х [5, 8], так как она обладает относительно низкой стоимостью и имеет традиционно наибольшее распространение для упрочняемых крепёжных изделий любой степени массовости [4]. Основным способом получения высокопрочных болтов является высадка из калиброванного проката, имеющего микроструктуру «зернистый перлит». Затем болты подвергают закалке и отпуску. Закалка стержневых изделий может способствовать образованию микротрещин

и обезуглероженного слоя. Если вопрос подготовки проката для холодной высадки с микроструктурой 80–100 % зернистого перлита изучен достаточно глубоко, то использованию проката, имеющего в структуре стали сорбит патентирования, из-за роста сопротивления пластической деформации уделяется недостаточное внимание.

Качество проката в разных структурных состояниях оценивается с помощью стандартных характеристик прочности и пластичности: предела прочности σ_b и предела текучести $\sigma_{0.2}$, относительного сужения ψ и относительного удлинения δ , степени деформации при осадке, характера и глубины поверхностных дефектов. Однако значения этих характеристик в ГОСТах и ТУ приводятся только для одного состояния материала, и это не всегда достаточно для оценки его возможностей при других комбинациях структур, схемах деформации и напряжений, которые вместе взятые влияют на его напряженное состояние, определяющее ресурс пластичности калиброванного проката. Таким образом, стандартных механических характеристик проката недостаточно для оценки возможностей стали к холодному деформированию [1].

По мнению [2] повышение выхода бездефектных крепежных изделий, получаемых из калиброванного проката, и обеспечение заданной долговечности работы крепежа зависит от наличия поверхностных дефектов, роль которых в разрушении материалов, находящихся в различном структурном состоянии, еще не получила должной оценки. В своих работах автор проанализировал все существующие поверхностные дефекты, исследовал их проявление, выявил безопасные размеры поверхностных дефектов при их производстве без снижения требований к эксплуатационным характеристикам.

Риски, закаты, волосовины, царапины на калиброванном прокате являются наиболее опасными, так как в технологических процессах схема главных деформаций и напряжений способствует раскрытию поверхностных дефектов. Поперечные дефекты (следы проточки, кольцевые риски и т.п.) на калиброванном прокате для объемного пластического деформирования менее опасны. Однако при снятии недопустимых дефектов на поверхности проката путем операции обточки возникают и другие нежелательные дефекты поверхности. Так, например, при проточке поверхности проката возникают высокие температуры и упрочнение в тонком поверхностном слое с образованием трещин в нем.

Наличие поверхностного дефекта на прокате приводит к значительной концен-

трации напряжений. В работе [2] рассчитаны значения технического коэффициента концентрации напряжений K^* от поверхностных дефектов для различного проката многих марок сталей. Данная методика оценки пригодности материалов для холодного пластического деформирования дает возможность объективно оценить их уровень для изготовления бездефектной продукции с учетом схемы деформированного и напряженного состояния, оценить ресурс пластичности материала.

Авторы работы [3] считают, что определять значение предельной пластичности необходимо с помощью диаграмм предельной пластичности. При этом каждый материал независимо от состояния имеет свою зависимость предельной пластичности от показателя напряженного состояния.

В последние годы среди исследователей, занимающихся вопросами разрушения металлов, усилился интерес к энергетическим критериям разрушения. В работе [7] анализируется развитая концепция предельной удельной энергии деформации (энергоемкости), величина которой наряду с критическим коэффициентом интенсивности напряжений в вершине трещины является фундаментальной характеристикой сопротивления металла разрушению. В работе [7] представлены зависимости предельной удельной энергии деформации W_c от пропорционального твердости показателя структурно-энергетического состояния Псэс для сталей десяти структурных классов.

Критерии синергетики более объективны, а поэтому необходимы для практики при оценке работоспособности и надежности калиброванного проката при изготовлении болтовых изделий. Они дополняют в оценках работоспособности и трещиностойкости данного проката его стандартные механические характеристики. Кроме того, они не трудоемки в расчетах.

В работе исследована возможность оценки работоспособности проката из стали 40Х, используемого для производства длинномерных болтов, после различных режимов технологической подготовки.

Методика механических испытаний

Для исследования была выбран горячекатаный прокат стали 40Х диаметром 11,0 и 13,0 мм. Образцы каждой марки сталей для механических испытаний предварительно:

– протачивались с диаметра 13,0 мм на диаметры 8,25; 8,50; 9,00; 9,60; 10,40; 11,40 и 12,70 мм, после чего их волочили на диаметр 8,00 мм соответственно со степенями обжатия 5, 10, 20, 30, 40 и 60 %, затем про-

водилась изотермическая обработка при температуре 370, 400, 425, 450, 500 и 550 °С;

– протачивались с диаметра 13,0 мм на диаметры 8,25; 8,50; 9,00; 9,60; 10,40; 11,40 и 12,70 мм, затем проводилась изотермическая обработка при температурах 370, 400, 425, 450, 500 и 550 °С, после чего образцы подвергали волочению, каждый на диаметр 8,00 мм соответственно со степенями обжатия 5, 10, 20, 30, 40 и 60 %;

– отжигались на микроструктуру «зернистый перлит» в камерной печи с выдвижным подом;

– очищалась поверхность от окалины в маточном растворе серной кислоты в соотношении: H_2SO_4 – 25 %, остальное – железный купорос ($Fe_2SO_4 \cdot H_2$), и промывали в проточной воде;

– волочили с диаметров 8,25; 8,50; 9,00; 9,60; 10,40; 11,40 и 12,70 мм на диаметр 8,00 мм на однократном волочильном стане ВС/1-750 соответственно со степенями обжатия 5, 10, 20, 30, 40 и 60 %. В качестве технологической смазки использовалась мыльная стружка.

Степень обжатия при волочении проката q (%) определялась:

$$q = \frac{100 \cdot (d_0^2 - d_1^2)}{(d_0)^2}, \quad (1)$$

где d_0 – диаметр образца проката до волочения, мм; d_1 – диаметр образца проката после волочения, мм.

Половина образцов проката после волочения подвергалась изотермической обработке, другая половина образцов после изотермической обработки подвергалась волочению. Для обеспечения гомогенности аустенита температура нагрева перед изотермической обработкой принималась 880 °С. Образцы проката подвергались нагреву в соляной ванне (78 % $BaCl$ + 22 % $NaCl$) в течение 5 минут. Затем образцы переносились в селитровую ванну (50 % $NaNO_3$ + 50 % KNO_3) и осуществлялась операция патентирования при температурах 370, 400, 425, 450, 500 и 550 °С с выдержкой пять минут. Далее охлаждение образцов проводилось на воздухе в течение двух минут, затем они охлаждались в воде. Точность регулирования температуры в ванне при патентировании составляла ± 5 °С. Последующую подготовку поверхности (снятие окисного слоя) изотермически обработанного проката производили в маточном растворе серной кислоты (H_2SO_4 – 25 %, остальное – железный купорос – Fe_2SO_4). Затем прокат промывался в проточной воде.

Химический состав стали 40Х определялся с использованием спектроанализа-

тора «Belec-kompakt Lab». Прочностные и пластические характеристики горячекатаного проката в исходном состоянии и калиброванного проката после всех видов технологической переработки определялись при испытании на растяжение образцов длиной 300 мм на разрывной машине типа ЦДМ – 100 со шкалой 20 кг. Микроструктура исследовалась на МИМ – 8 ($\times 200$ и $\times 600$) и «Неофот-21» ($\times 100$ и $\times 600$). Твердость измеряли на приборе «Роквелл», шкала В и С.

Натурные испытания длинномерных болтов с определением величины разрывной нагрузки и относительного удлинения производили на разрывной машине МУП-50. Фрактографические исследования излома болтов изучали на оптическом компараторе МИР-12 ($\times 7$).

Методика расчета структурно-энергетических комплексов разрушения синергетики

Одной из важнейших характеристик структурно-энергетического состояния калиброванного проката является [7] удельная энергия (работа), затраченная на его деформацию до момента разрушения W_c (предельная удельная энергия деформации). Поведение любых структур при нагрузке контролируется тремя взаимосвязанными величинами: пределом текучести (σ_m), объемной плотностью удельной энергии деформации (W_c) и предельной удельной энергией деформации в зоне перед трещиной ($W_{c,кр}$). W_c является показателем энергоемкости металла (размерность МДж/м³) и определяется по формуле:

$$W_c = 0,5 \cdot (\sigma_m + \sigma_k) \cdot \epsilon_{пред}, \quad (2)$$

где σ_m – предел текучести; $\sigma_k = \sigma_b (1 + \delta)$ – истинное сопротивление разрушению, МПа; $\epsilon_{пред} = \ln [1/(1 - \psi)]$ – истинная относительная деформация при разрушении; W_c – показатель энергоемкости металла, размерность [МДж/м³].

В формулу входят прочностные и пластические характеристики. В данном случае поведение прочностных и пластических свойств проката зависит от параметров микроструктуры, которая в свою очередь зависит от химического состава, режимов термической и пластической обработок. Исходные данные задавались на основании характеристик, полученных при испытаниях образцов калиброванного проката при различных режимах изотермической обработки и последующей пластической обработки с различными степенями обжатия методом волочения.

Зарождению трещины в калиброванном прокате предшествует пластическая деформация. Критерий зарождения трещины $K_{зт}$

количественно определяющий способность проката сопротивляться возникновению трещин при деформации, определяется выражением [7]

$$K_{\text{зт}} = W / \sigma_{\text{т}} \quad (3)$$

где $K_{\text{зт}}$ – величина безразмерная. Чем выше значение $K_{\text{зт}}$, тем труднее зарождаются трещины в калиброванном прокате стали 40X в процессе холодной деформации волочением.

Критерий распространения трещины $K_{\text{рт}}$ количественно определяет способность материала сопротивляться развитию трещин при волочении проката в условиях достижения критического напряженного состояния и равен

$$K_{\text{рт}} = W_{\text{с крит}} \cdot \sigma_{\text{т}} \quad (\text{МДж/м}^3) \text{МПа}, \quad (4)$$

где $W_{\text{с крит}}$ – критическая величина предельной удельной энергии деформации перед вершиной трещины, определяется при критическом напряженном состоянии, ког-

да энергия деформации, затрачиваемая на пластическую деформацию, равна энергии, идущей на упругое искажение объема. Величина $W_{\text{с крит}} \approx (0,75-0,5) \cdot W_{\text{с}}$. $K_{\text{рт}}$ имеет размерность $[(\text{МДж/м}^3) \text{МПа} \approx (\text{МДж/м}^3)^2]$.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе получены значения стандартных механических характеристик (прочностных и пластических) и критериев разрушения калиброванного проката стали 40X после его изотермической обработки с различными температурами селитровой ванны и последующего волочения с различными степенями деформации. В табл. 1–4 представлены механические характеристики и критерии разрушения синергетики ($W_{\text{с}}$, $K_{\text{зт}}$, $K_{\text{рт}}$) проката 40X после патентирования при 370, 400, 450, 500 и 550 °C и последующего волочения с различными степенями деформации.

Таблица 1

Механические характеристики и критерии разрушения синергетики калиброванного проката 40X после патентирования при 370 °C и последующего волочения с разными степенями обжатия

Степень обжатия, %	НВ	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	Ψ , %	δ , %	W , МДж/м ³	$K_{\text{зт}}$	$K_{\text{рт}}$, (МДж/м ³)МПа·10 ⁻⁶
5	306	1097	970	47	10,8	635	0,6	0,37
10	306	1098	965	47	11	692	0,71	0,40
20	316	1160	985	45	9,8	674	0,68	0,39
30	298	1320	1190	20	6,9	290	0,24	0,21
40	306	1340	1180	17	5,2	235	0,2	0,17
60	330	1360	1190	17	5,2	238	0,2	0,17

Таблица 2

Механические характеристики и критерии разрушения калиброванного проката 40X после патентирования при 400 °C и последующего волочения с разными степенями обжатия

Степень обжатия, %	НВ	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	Ψ , %	δ , %	W , МДж/м ³	$K_{\text{зт}}$	$K_{\text{рт}}$, (МДж/м ³) МПа·10 ⁻⁶
5	285	950	840	57	13	886	1,05	0,46
10	280	995	910	56	12,5	857	0,94	0,46
20	315	1110	970	55	11,5	881	0,91	0,51
30	283	1270	1110	45	9,5	702	0,63	0,46
40	302	1250	1070	40,9	7,8	635	0,59	0,41
60	318	1290	1240	22,1	6,9	326	0,26	0,24

Т а б л и ц а 3

Механические характеристики и критерии разрушения калиброванного проката 40Х
после патентирования при 450°С и последующего волочения
с разными степенями обжатия

Степень обжатия, %	НВ	σ_b , МПа	σ_T , МПа	Ψ , %	δ , %	W , МДж/м ³	$K_{ст}$	$K_{рт}$ (МДж/м ³)МПа·10 ⁻⁶
5	260	973	910	49,2	13	680	0,75	0,37
10	235	1010	940	53	12,5	783	0,83	0,44
20	255	1075	940	50	11	785	0,83	0,44
30	313	1310	1200	32	5,2	483	0,40	0,34
40	298	1280	1130	30	4,4	441	0,39	0,30
60	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 4

Механические характеристики и критерии калиброванного проката 40Х
после температуры патентирования при 500°С и последующего волочения
с разными степенями обжатия

Степень обжатия, %	НВ	σ_b , МПа	σ_T , МПа	Ψ , %	δ , %	W , МДж/м ³	$K_{ст}$	$K_{рт}$ (МДж/м ³)МПа·10 ⁻⁶
5	298	1110	996	40	10,8	568	0,57	0,34
10	247	1055	990	40	8,9	546	0,55	0,32
20	247	1160	1050	29	8,35	394	0,38	0,25
30	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 5

Механические характеристики и критерии разрушения калиброванного проката 40Х,
подготовленного по действующей технологии на производстве

НВ	σ_b , МПа	σ_T , МПа	Ψ , %	δ , %	W , МДж/м ³	$K_{ст}$	$K_{рт}$ (МДж/м ³)МПа·10 ⁻⁶
235	860	695	57	13	708	1,02	0,33

В табл. 5 показаны механические характеристики и критерии разрушения калиброванного проката 40Х, подготовленного по действующей технологии на производстве.

Упрочнение волочением с разными степенями обжатия и изотермическая обработка при температурах селитровой ванны 370, 400, 425, 450, 500 и 550°С выявили различные варианты получения механических характеристик.

Наилучшее сочетание механических характеристик (высокая пластичность и незначительное сопротивление пластической деформации) достигается при обжатии 5%. С увеличением обжатия до 10% наблюдаются интенсивный рост предела текучести и резкое снижение относительного удлинения. При обжатии 15% значительно возрастает предел прочности, а относительное удлинение продолжает уменьшаться. Дальнейшее увеличение обжатия до 60% вызывает непрерывный рост предела текучести и предела прочности, относительное удлинение медленно снижается, а относитель-

ное сужение находится на высоком уровне (60–58%) до обжатия 25%, а после чего падает двумя ступенями в интервалах обжатия 25–35 и 40–60%.

Пластические характеристики проволоки со структурой зернистого перлита в процессе волочения непрерывно снижаются и при $\varepsilon > 40\%$ становятся ниже пластических характеристик проволоки, которая подвергалась термической операции изотермической обработки.

При разработке ресурсосберегающего метода для изготовления высокопрочных автомобильных болтов производился эксперимент, при котором изучалось влияние степени обжатия (5, 10, 20, 30, 40, 60%) при волочении и последующего патентирования в интервале температур 370; 400; 425; 450; 500, 550°С на механические характеристики проката.

Было подтверждено, что с увеличением обжатия горячекатаного проката от 5 до 60% увеличиваются его прочностные характеристики. Предел текучести возрастает

с 780 до 990 МПа, а временное сопротивление разрыву – с 880 до 1130 МПа.

Также установлено, что с увеличением обжатия проката от 5 до 60 % его пластические характеристики снижаются. Относительное удлинение при обжатиях волочением от 5 до 30 % снижается с 15 до 10 %, а при обжатиях от 30 до 60 % остается постоянным и равным 10 %. Относительное сужение при обжатиях от 5 до 60 % монотонно снижается от 60 до 38 %.

Получены критерии работоспособности, позволяющие количественно оценить влияние упрочнения при изотермической обработке и пластической деформации волочением на процесс разрушения, выраженное в синергетической величине энергоемкости. Они дополняют стандартные механические характеристики калиброванного проката в оценках работоспособности и трещиностойкости стальных материалов после различных видов и режимов технологической обработки.

Выводы

Получены механические характеристики горячекатаного проката при различных вариантах его подготовки (как степени деформации волочением после изотермической обработки при разных температурах, так и степени деформации волочением перед изотермической обработкой при разных температурах).

Выявлена зависимость прочностных и пластических характеристик от степени деформации при волочении проката до и после изотермической обработки при разных температурах.

Получены экспериментальные данные влияния температуры изотермической обработки (370, 400, 425, 450, 500 и 550 °C) до и после волочения с разными степенями деформации на твердость и механические характеристики проката.

В производственных условиях недостаточно используются критерии разрушения сталей, которые позволяют реально количественно оценить обратное влияние процесса упрочнения проката на процесс разрушения металлических материалов.

Количественная оценка работоспособности по критериям синергетики показала новые качества стороны проката стали 40X, поскольку по механическим характеристикам такие оценки сделать было невозможно. При действующих и предлагаемых режимах обработок проката рассмотрены их работоспособность, рассчитаны критерии зарождения и распространения трещин.

Список литературы

1. Бунатян Г.В., Скуднов В.А. Прогрессивная технология производства инструмента // Кузнечно-штамповое производство. – 1985. – № 9. – С. 25–26.

2. Воробьев И.А. Прогнозирование качества изделий, изготовленных холодным пластическим деформированием // Кузнечно-штамповое производство. – 1985. – № 9. – С. 27–28.

3. Дорошев Ю.В., Воробьев И.А., Скуднов В.А. К вопросу о влиянии схемы напряженного состояния на предельную пластичность металлов, применяемых в холодновысадочном производстве. – Тр.НИИТавтопром. – 1972. – № 1(37). – С. 7–8.

4. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Экономичная технология подготовки стали 40X к холодной высадке крепежных изделий // Вестник машиностроения. – 2008. – № 7. – С. 53–56.

5. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А. Влияние химического состава и структуры стали на качество проката для изготовления болтов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (Часть 2). – С. 87–92.

6. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А. Анализ качества проката для холодной высадки крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (Часть 2). – С. 111–115.

7. Скуднов В.А. Синергетика явлений и процессов в металловедении, упрочняющих технологиях и разрушении: учебное пособие для студентов вузов. – Нижний Новгород, 2007. – 191 с.

8. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Основные направления развития производства высокопрочного крепежа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8. (Ч. 4). – С. 30–36.

9. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Упрочняющая обработка проката для крепежа с целью снижения его стоимости // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (Часть 2). – С. 107–110.

10. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28. – № 7. – С. 670–673.

References

1. Bunatjan G.V., Skudnov V.A. Progressivnaja tehnologija proizvodstva instrumenta // Kuznechno-shtampovoe proizvodstvo. 1985. no. 9. pp. 25–26.

2. Vorobev I.A. Prognozirovanie kachestva izdelij, izgotovlennyh holodnym plasticheskim deformirovaniem // Kuznechno-shtampovoe proizvodstvo. 1985. no. 9. pp. 27–28.

3. Doroshev Ju.V., Vorobev I.A., Skudnov V.A. K voprosu o vlijanii shemy naprjazhennogo sostojanija na predel'nuju plastichnost' metallov, primenjaemyh v holodnovysadochnom proizvodstve. Tr.NIITavtoprom. 1972. no. 1(37). pp. 7–8.

4. Pachurin G.V., Filippov A.A. Jekonomichnaja tehnologija podgotovki stali 40H k holodnoj vysadke krepezhnyh izdelij // Vestnik mashinostroenija. 2008. no. 7. pp. 53–56.

5. Pachurin G.V., Filippov A.A., Kuz'min N.A. Vlijanie himicheskogo sostava i struktury stali na kachestvo prokata dlja izgotovlenija boltov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. no. 8 (Chast' 2). pp. 87–92.

6. Pachurin G.V., Filippov A.A., Kuz'min N.A. Analiz kachestva prokata dlja holodnoj vysadki krepezhnyh izdelij // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. no. 8 (Chast' 2). pp. 111–115.

7. Skudnov V.A. Sinergetika javlenij i processov v metallovedenii, uprochnjajushhih tehnologijah i razrushenii: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. Nizhnij Novgorod, 2007. 191 p.

8. Filippov A.A., Pachurin G.V. Osnovnye napravlenija razvitija proizvodstva vysokoprochnogo krepeza // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. no. 8. (Ch. 4). pp. 30–36.

9. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuz'min N.A. Uprochnjajushhaja obrabotka prokata dlja krepeza s cel'ju snizhenija ego stoimosti // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. no. 8 (Chast' 2). pp. 107–110.

10. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. 2008. T. 28. no. 7. pp. 670–673.

УДК 629.113

АНАЛИЗ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Шапкина Ю.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: from_friends@mail.ru

В статье проведена оценка влияния вибрации деталей автомобиля на водителя. Были проанализированы виброакустические характеристики рулевого управления автомобиля, влияющие на надежность и долговечность. Показано, как система рулевого управления, состоящая из рулевого колеса и рулевой колонки, испытывает вибрации: поступающие извне – от дороги и возбуждаемые внутри – двигателем автомобиля. Приведены величины колебательных спектров систем рулевого управления и диапазон сосредоточения вибродинамической энергии. Сформулированы требования к системе рулевого управления на основании обобщения результатов исследования виброакустических и прочностных параметров.

Ключевые слова: рулевое управление автомобиля, вибронегруженность, вибродинамические воздействия

ANALYSIS VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS OF A CAR STEERING

Shapkina Y.V.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: from_friends@mail.ru

The paper evaluated the effects of vibration on the details of the car driver. Were analyzed vibroacoustic characteristics car steering affecting the reliability and durability. It is shown that the steering system consists of steering wheel and steering column, and how these components are experiencing vibration coming from the outside – from the road and excited inside – the engine of the car. Are the values of the vibrational spectra of steering systems and a range of concentration of the vibrational energy. The requirements to the steering system on the basis of summarizing the results of the research of vibro-acoustic and strength parameters.

Keywords: car steering, vibronagruzhennost, vibration exposure

В автомобильной промышленности за последние годы выполнено много работ для определения индексов комфорта или показателей качества для подсистем транспортных средств, важнейшим из которых является рулевое управление. Однако при исследовании и совершенствовании систем и агрегатов рулевого управления автомобилей необходимо уделить особое внимание вопросам вибронегруженности и оценке вибродинамических параметров этих конструкций.

Из всех вибрирующих поверхностей, с которыми водитель контактирует, рулевое управление особенно важно из-за чувствительности тактильных рецепторов кожи рук

и в связи с отсутствием промежуточных структур, таких как обувь или одежда, которые могут снижать вибрацию (рис. 1).

Рулевое колесо обеспечивает водителей транспортных средств ощущением вибраций на руки, которая дает тактильную обратную связь с автомобилем и дорогой. Вибрация рулевого колеса может повлиять на суждения водителя о комфорте. Манера, в которой вибрация рулевого колеса влияет на комфорт, является сложной и может зависеть от величины колебаний, частоты колебаний, направления вибрации, расположения контактов с руками и положения рук (рис. 2).

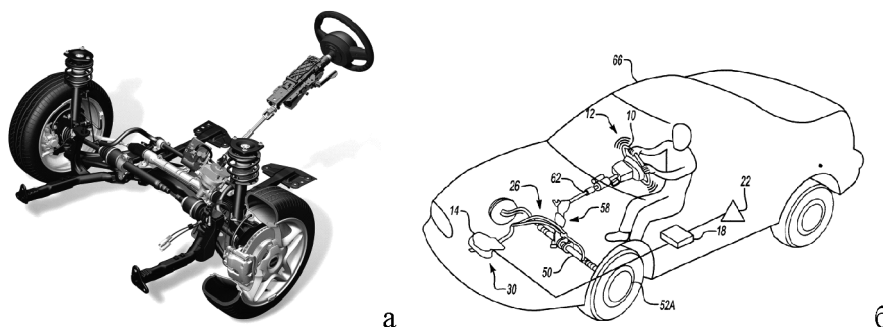


Рис. 1. Система рулевого управления автомобиля

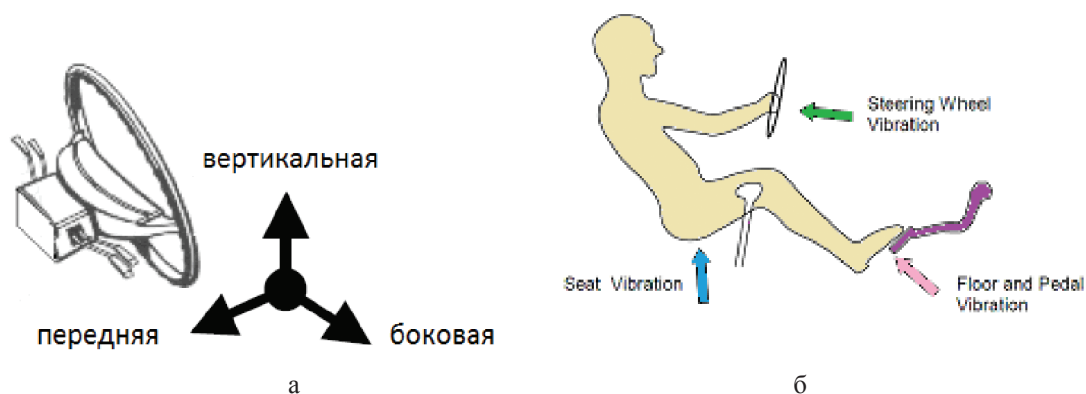


Рис. 2. Вибрация и ее воздействия:
а – оси вибрации на рулевом колесе, б – основные источники вибрационных воздействий на водителя в автомобиле



Рис. 3. Анализ структурной вибрации автомобиля с точки зрения «источник – путь – получатель»

Двигатель, колеса и шины и поверхность дороги (рис. 3) производят различные формы вибраций, передающихся на рулевое колесо через рулевой вал [3, 7]. Основные вибрации от полотна дороги – в диапазоне частот до 30 Гц, следовательно, необходимо иметь значения собственных частот выше (рис. 4).

Также электрическая система усилителя руля может генерировать вибрации, ощущаемые затем на рулевом колесе. Электронная система стабилизации курсовой устойчивости (система EPS) оснащена электродвигателем для «помощи» крутящему моменту рулевого управления и использует торсион с датчиком для оценки крутящего момента от водителя.

Согласно анализу структурной вибрации автомобиля, на рис. 5 показаны ре-

зультаты моделирования динамики [4]. Из диаграммы видно, что имеется точка пика около 30 Гц в результате жесткости торсиона. Если возмущение несет частоту колебаний около собственной частоты, водитель будет чувствовать неблагоприятное «ощущение» на рулевом колесе.

Исследованиями [5, 8, 10] установлено, что колебательные спектры систем рулевого управления могут достигать частот 300...350 Гц. Однако вибрационная энергия сосредоточена в основном в диапазоне между 10 и 60 Гц. Установлено также, что вибрация может передаваться на рулевое колесо с наибольшей эффективностью в диапазоне частот около 20...30 Гц.

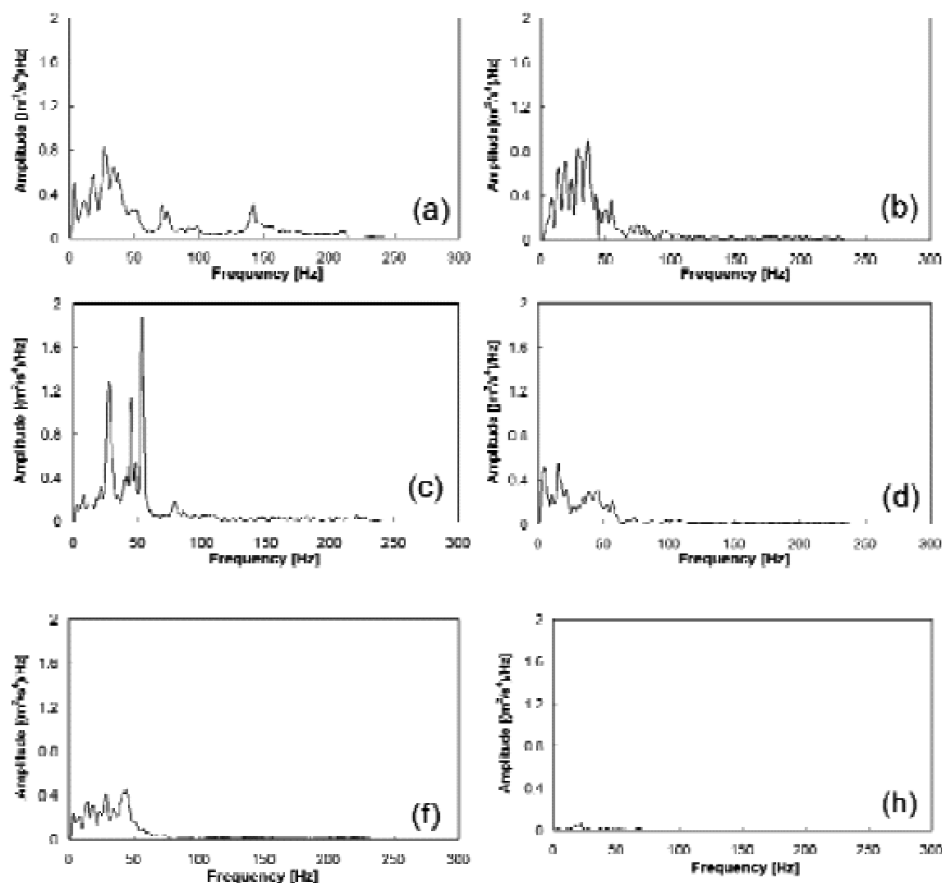


Рис. 4. Спектральная плотность ускорений вибрации рулевого колеса [3, 7]:
 а – загородные дороги (80 км/ч); б – дорога с выбоинами (60 км/ч); в – каменистые дороги (20 км/ч); д – крышки люков (60 км/ч); е – улицы города (50 км/ч); ф – автомагистрали (96 км/ч)

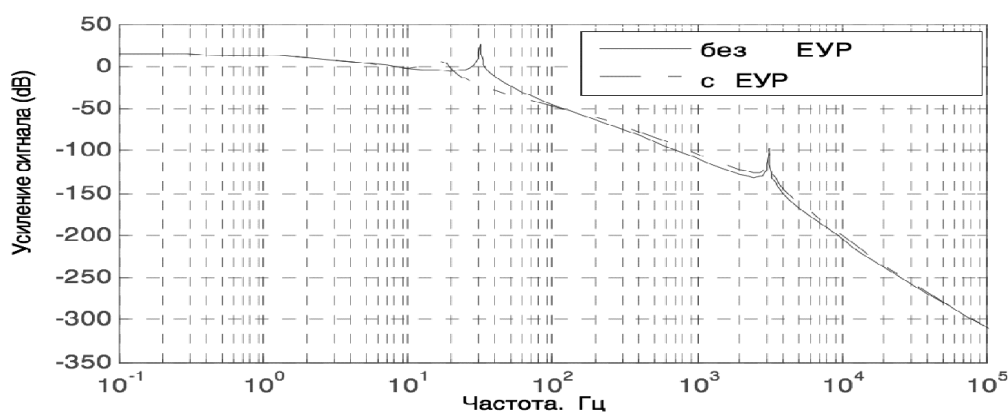


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика системы рулевого управления электрическим управлением (EYP) и без него

Методы оценки эффекта вибрации для определения количественной оценки тяжести передающейся на руки человека вибрации приведены в работе [9]. В этой работе

исследован диапазон частот от 3 до 300 Гц и сделан вывод, что нет никакой разницы в восприятии человеком вертикальной и горизонтальной вибрации (рис. 6).

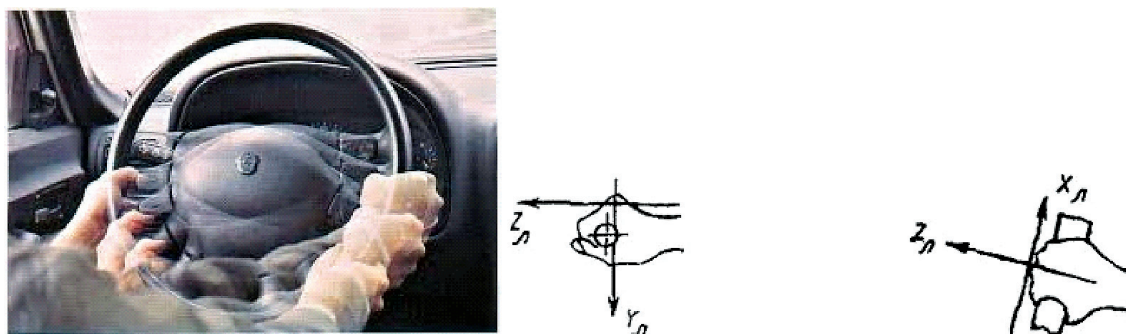


Рис. 6. Вертикальное и горизонтальное направления вибрации рулевого колеса

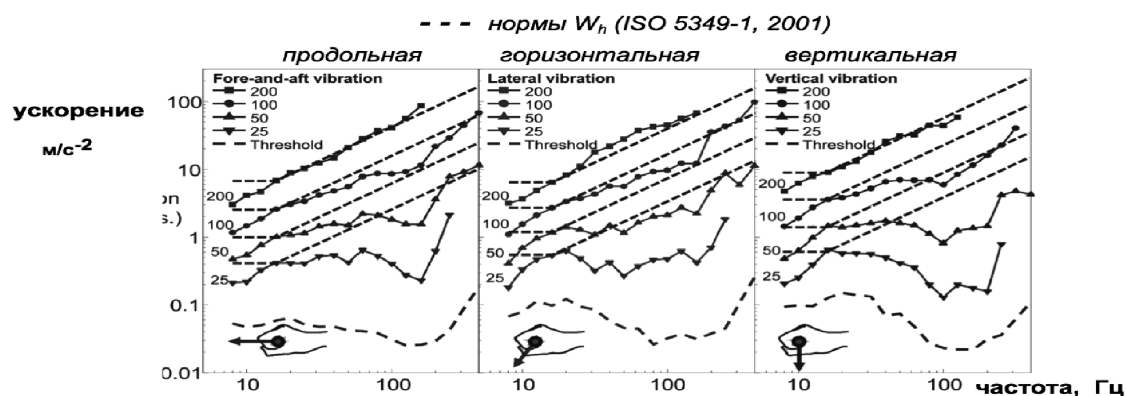


Рис. 7. Эквивалентные контуры комфорта для условных величин ощущений от 25 до 200 (100 соответствует $5,0 \text{ мс}^{-2}$ при 50 Гц) и оценки вибрации W_h согласно ISO 5349-1, 2001 [1]

Ныне действующие международные стандарты для оценки локальной вибрации [1, 2] определяют единственную оценку частоты – W_h , для оценки воздействия на человека вибрации, передаваемой по любой оси. Оценка частоты W_h указывает наибольшую чувствительность к ускорению на частотах между 8 и 16 Гц и снижение чувствительности к ускорению пропорционально частоте на частотах выше 16 Гц (рис. 7).

Поскольку укрупненно система рулевого управления состоит из рулевого колеса и рулевой колонки, то эти компоненты испытывают вибрации, поступающие извне (от дороги) и возбуждаемые внутри (двигателем) автомобиля [6]. Рулевая колонка, как правило, крепится болтами к раме транспортного средства. Традиционное конструктивное решение для устранения передачи вибрации – добавить между рулевой колонкой и кузовом автомобиля настроенный демпфер, чтобы минимизировать вибрации,

передающиеся на руль. Такое решение несколько громоздко из-за своего веса и необходимых настроек.

Одной из важнейших функций системы рулевого управления является передача рулевых воздействий от водителя на колеса. Следовательно, к системе рулевого управления выдвигаются противоречивые требования. С одной стороны, рулевая система должна быть «жесткой» (или «твердой») для передачи воздействий водителя на колеса и для долговечности, с другой стороны, рулевая система должна быть «мягкой» для комфорта (или с высокой способностью «гашения», «поглощения» колебаний).

Поэтому в целях повышения показателей качества для транспортных подсистем необходимо обобщить результаты исследования виброакустических и прочностных параметров [8] и выработать единую методику расчета вибрационных параметров рулевого управления автомобиля.

Список литературы

1. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация и удар. Измерение локальной вибрации и оценка её действия на человека. Часть 1. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2008. – 12 с.
2. ГОСТ 31191.2-2004 (ИСО 2631-2:2003). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2008. – 12 с.
3. Шапкина Ю.В. Анализ виброакустических параметров автомобиля / Ю.В. Шапкина, У.Ш. Вахидов // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 104–109.
4. Шапкина Ю.В. Обоснование концепции «источник-путь-получатель» для анализа структурной вибрации автомобиля / Ю.В. Шапкина // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 110–114.
5. Шапкина Ю.В. Численные исследования колебаний узлов автомобилей / У.Ш. Вахидов, А.В. Согин, В.А. Шапкин, Ю.В. Шапкина // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2014. – № 3(105). – С. 145–153.
6. Шапкина Ю.В. Гармонический анализ рулевого управления легковых автомобилей / А.Г. Китов, А.В. Согин, В.А. Шапкин, Ю.В. Шапкина // Журнал автомобильных инженеров / Издательский дом ААИ ПРЕСС. – М., 2014. – № 5(88). – С. 50–53.
7. Шапкина Ю.В. Параметры шума и вибрации транспортных и технологических машин / У.Ш. Вахидов, А.Г. Китов, А.В. Согин, В.А. Шапкин, Ю.В. Шапкина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований – 2014. – № 7. – С. 8–11. – URL: www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=5378.
8. Шапкина Ю.В. Моделирование плотности потока энергии волн в деталях автомобилей / Ю.В. Шапкина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12858.
9. Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. Part 6. Measurements of unpleasant and tolerance limitlevels for sinusoidal vibrations. Ind Health. – 1968. – № 2. – P. 18–27.
10. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration, Motion & Control. – 1998. – № 4. – P. 37–41.

References

1. GOST 31192.1-2004 (ISO 5349-1:2001). Vibratsiya i udar. Izmerenie lokalnoj vibratsii i ocenka eyo dejstviya na cheloveka. Chast 1. Obshhie trebovaniya. M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2008. 12 p.
2. GOST 31191.2-2004 (ISO 2631-2:2003). Vibratsiya i udar. Izmerenie obshhej vibratsii i ocenka ee vozdejstviya na cheloveka. Chast 2. Vibratsiya vnutri zdaniy. M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2008. 12 p.
3. Shapkina, Y.V. Analiz vibroakusticheskix parametrov avtomobilya / Y.V. Shapkina, U.S. Vaxidov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 4. pp. 104–109.
4. Shapkina Y.V. Obosnovanie koncepcii «istochnik-puluchatel» dlya analiza strukturnoj vibratsii avtomobilya / Y.V. Shapkina // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 4. pp. 110–114.
5. Shapkina, Y.V. Chislennye issledovaniya kolebaniy uzlov avtomobilej / U.S. Vaxidov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin, Y.V. Shapkina // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 3(105). pp. 145–153.
6. Shapkina, Y.V. Garmonicheskij analiz rulevogo upravleniya legkovyx avtomobilej / A.G. Kitov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin Y.V. Shapkina // Zhurnal avtomobil'nyx inzhenerov / Izdatelskij dom AAI PRESS. M., 2014. no. 5(88). pp. 50–53.
7. Shapkina Y.V. Parametry shuma i vibratsii transportnyx i texnologicheskix mashin / U.S. Vaxidov, A.G. Kitov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin, Y.V. Shapkina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovaniy. 2014. no. 7. pp. 8–11. – URL: www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=5378.
8. Shapkina Y.V. Modelirovanie plotnosti potoka e'nergii voln v detalyax avtomobilej / Y.V. Shapkina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 2; URL: www.science-education.ru/116-12858.
9. Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. Part 6. Measurements of unpleasant and tolerance limitlevels for sinusoidal vibrations. Ind Health 2, 18–27, 1968.
10. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration, Motion & Control, 4, pp. 37–41, 1998.