

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ
ISSN 2303-9868**

Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.

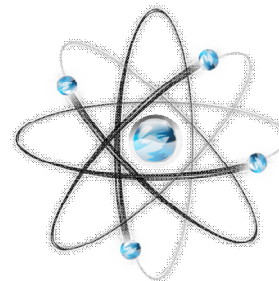
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.

Главный редактор: Миллер А.В.

Адрес редакции: 620036, г. Екатеринбург, ул. Лиственная, д. 58.

Электронная почта: editors@research-journal.org

Сайт: www.research-journal.org



**Meždunarodnyj
naučno-issledovatel'skij
žurnal**

№7 (14) 2013

Часть 2

Подписано в печать 08.08.2013.

Тираж 900 экз.

Заказ 6012.

Отпечатано с готового оригинал-макета.

Отпечатано в типографии ООО «Импекс».

620075, Екатеринбург, ул. Толмачева, д. 16, офис 12..

Сборник по результатам XVII заочной научной конференции Research Journal of International Studies.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения авторов.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217.**

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

Психологические науки: Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

Физико-математические науки: Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Географические науки: Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

Биологические науки: Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

Архитектура: Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

Ветеринарные науки: Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарина Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

Медицинские науки: Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

Исторические науки: Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.исп.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замаева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

Политические науки: Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

Фармацевтические науки: Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

Екатеринбург - 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES	5
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИЯ	
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ.....	5
МЕТОДИКА СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ	
СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ПОЛНОГО ПОРЯДКА.....	6
ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ ФЕРРОЗОНДОВЫЙ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ МАГНИТОМЕТР.....	11
СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАДАННОМ ОБЪЕМЕ	13
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛЁСНОЙ НАГРУЗКИ И ШИРИНЫ БЕГОВОЙ ДОРОЖКИ ШИНЫ	
ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ	
ОДЕЖД.....	15
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКОЙ.....	19
СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ НАПОЛНЕННЫХ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ЖИДКОСТЕКОВЫХ	
МАТЕРИАЛОВ ОТВЕРЖДЕННЫХ ХЛОРИДОМ БАРИЯ	22
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОУСНОЙ ПАСТЫ	
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯГОД ЕЖЕВИКИ.....	24
РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПАРКА АВТОБУСОВ ПО	
ВМЕСТИМОСТИ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА.....	25
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА.....	29
КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОЙ	
ЭКОНОМИКИ.....	34
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	40
МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В	
ИНФОРМАЦИОННО-РЕСУРСНОЙ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ	
РЕШЕНИЙ.....	45
THE ORIENTATION DEPENDENCE OF SURFACE FREE ENERGY AND ELECTRON WORK FUNCTION OF	
MOLYBDENUM	48
УСУШКА ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ.....	51
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	52
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЛОКА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ	
ЗАПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ.....	53
НАПИТКИ МОЛОЧНЫЕ, ОБОГАЩЕННЫЕ ДОБАВКОЙ ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ «ФУКОЛАМ-С»	54
SOIL CORROSION ESTIMATION OF ELECTRICAL SUPPORT FOUNDATIONS	55
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ	
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НУЖД	57
АКТУАЛЬНОСТЬ ПОДБОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БРОЙЛЕРОВ	59
ОЦЕНКА РИСКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ МЕТОДОМ	
НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	60
ПРИМЕНЕНИЕ БИОПОЛИМЕРОВ В ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ БЕЛКОВО-	
УГЛЕВОДНЫХ НАПИТКОВ.....	62
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ	
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА.....	63
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ, РАБОТАЮЩИХ В	
АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ	64
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ДОЛБЕЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ	
СПОСОБОМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ В НАЧАЛЬНОМ СЕЧЕНИИ.....	67
РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОРПОРАЦИЕЙ НА	
ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	
.....	69
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ КОЛЕННОГО	
СУСТАВА	72
ОТБОР В РУБКУ ДЕРЕВЬЕВ ВНУТРИ БИОГРУППЫ.....	75
ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ РУБОК УХОДА ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ ДЕРЕВЬЕВ НА ЛЕСНОМ УЧАСТКЕ	
.....	77
WEAR ASSESSMENT OF GEAR PUMP THE FRICTION PAIR	79
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАКОПИТЕЛЕЙ HDD И SSD	83
СПОСОБ ТРАНСЛЯЦИИ АДРЕСОВ В ПОДСИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ FLASH	
НАКОПИТЕЛЕЙ	85
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР СМЕСЕЙ ДЛЯ ПАНИРОВКИ МЯСНЫХ И РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ.....	88
ЦЕНТРЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ (TISC – ЦПТИ) ВОИС – ИНФОРМАЦИОННАЯ	
ОСНОВА РАЗВИТИЯ РЫНКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ РОССИИ	89
ДОРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ	91

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СУШКИ И ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ С УЧЕТОМ ФОРМЫ И ТИПОРАЗМЕРОВ.....	95
DESIGN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS.....	98
МЕТОДИКА ПРИСВОЕНИЯ КАТЕГОРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ УЗЛУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПРОИЗВОДСТВА	100
КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ.....	103
СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ВОДОРОДОМ.....	106
СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВИНТОВОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ	113
МЕТОД ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ И МЕСТ УСТАНОВКИ В СИЛОВУЮ ПЕРЕДАЧУ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ.....	115
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ КАБИНЫ ТРАКТОРА	118
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПОДВЕСКИ КАБИНЫ ТРАКТОРА	122
КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОТ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ВАЛОПРОВОДЕ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАКТОРА ВТ-100.....	125
ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОСТИ ЗВЕНЬЕВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ НА ХАРАКТЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВАЛОПРОВОДЕ	128
ВЛИЯНИЕ НА ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ УПРУГО-ИНЕРЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАКТОРА ВТ-100.....	132
СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ КАБИНЫ ТРАКТОРА	135
МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ ПАШТЕТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ.....	138

Ботыгин И.А.

Доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ*Аннотация*

В статье рассмотрено проектирование программного комплекса, обеспечивающего автоматизацию планирования и организации учебного процесса вуза с учетом современных тенденций интеграции российских высших учебных заведений в общеевропейское и мировое образовательное пространство.

Ключевые слова: информационная система, организация учебного процесса, индивидуальная траектория обучения.

Botygin I.A.

Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University

DESIGN AUTOMATION SYSTEMS PLANNING AND ORGANIZATION OF EDUCATIONAL ACTIVITIES IN HIGH SCHOOL*Abstract*

The article describes the software architecture of the complex, providing automation planning and organization the educational process of the university. Modern trends in the integration of Russian higher education institutions in the European and world educational space are taken into account in the functional structure of the complex.

Keywords: information system, the organization of the educational process, individual learning paths.

Гармонизация образовательных стандартов выдвигает перед всеми ведущими мировыми державами такие цели в области реформации высшего профессионального образования, как создание четких и единых квалификаций, переход на многоуровневую систему подготовки, введение системы кредитов, обеспечение академической мобильности студентов и преподавателей, международное сотрудничество в обеспечении качества высшего образования, образование в течение всей жизни и др. [1].

На сегодняшний день множество российских высших учебных заведений находятся в процессе перехода к вышеуказанным принципам построения процесса обучения и организации работы вуза, но они сталкиваются с множеством проблем. В том числе, с одной из самых трудоемких – полностью управляемый студентом план обучения, который требует тесного взаимодействия студентов, преподавателей курсов, составителей расписания, деканата, учебного управления и других структур учебного заведения. Очевидно, что необходимо внедрение информационной системы, позволяющей управлять процессом обучения и контролировать его на всех этапах. Следует отметить, что подобные системы существуют, но в основном внедрены за рубежом, например TechAct University Management System или AccelUMS. Использование этих систем в российских учебных учреждениях невозможно, так как они не учитывают особенностей переходного состояния нашей системы образования и имеют жесткую привязку к зарубежным стандартам делопроизводства и организации образовательного процесса.

Разработанная система предоставляет различный набор операций в зависимости от роли вошедшего пользователя. Поддерживается служба ролей с разграничением доступа к функциям системы. Служба позволяет пользователю иметь несколько ролей (студент, преподаватель, администратор подразделения, гость), что необходимо для учебного заведения, так как зачастую один и тот же сотрудник исполняет несколько обязанностей из различных ролей. Каждая роль имеет свой веб-интерфейс для удобного доступа ко всем разрешенным функциям.

Интерфейс студента привязан к аккаунту студента. Студенту доступны следующие основные функции: редактирование и просмотр личных данных, запись на курсы, отслеживание соответствия индивидуального учебного плана обязательной образовательной программе и подсчет кредитов, просмотр индивидуального расписания, просмотр материалов по выбранным курсам, оценка курсов и преподавателей, просмотр текущей успеваемости и заданий, связь с преподавателем.

Интерфейс преподавателя также привязан к аккаунту преподавателя, который создается или при вступлении в должность, или при внедрении системы для уже работающих преподавателей. Получив доступ к своему аккаунту, преподаватель может добавить в систему свои курсы (или отметить себя преподавателем уже существующего в системе курса), добавить описание курса, рабочую программу, схему проведения занятий, учебно-методические материалы и др. Затем он должен определить ограничения для записи на курс. Такими ограничениями могут быть: максимальное количество слушателей, необходимый набор уже пройденных студентом предметов, институт, к которому должен относиться слушатель, и т.п. Кроме того, преподаватель может предъявлять требования к аудиториям, в которых будут проходить занятия: наличие экрана с проектором, аудиосистемы, компьютеров для каждого студента, специального лабораторного оборудования, размещение аудитории в конкретном корпусе и т.п. Преподавателю доступны: редактирование и просмотр личных данных, создание курсов и открытие их для записи студентов, просмотр личного расписания, просмотр списка студентов на курсах, публикация материалов по своим курсам, публикация заданий для самостоятельного выполнения студентами, ведение текущего контроля успеваемости и посещения занятий, связь со студентами (как массовая рассылка, так и индивидуальная).

Администраторы подразделений авторизуются в системе с индивидуальным аккаунтом. Основная цель этих пользователей – ввод данных об аудиториях, преподавателях, студентах и т.д.

Также можно выделить отдельно роль и соответствующий интерфейс технического администратора системы. В нем реализуется различный функционал по контролю работоспособности всех уровней системы и её обслуживанию: проверка базы данных на ошибки, редактирование прав доступа, контроль различных технических характеристик (нагрузка системы, сообщения об ошибках) и т.д. Кроме того, технический администратор осуществляет запуск различных ресурсоемких процедур, таких, как составление общего расписания или подсчета статистики.

Гостевой интерфейс предназначен только для просмотра общедоступной информации. Одним из сценариев его применения является предоставление информации о студенте работодателю. Данный функционал присутствует во многих системах профессиональной сертификации. Работодатель может по коду, предоставленному выпускником этого учебного заведения, получить информацию о пройденных курсах, их содержании и успеваемости студента.

Первоначально создается профиль университета в хранилище данных и добавляются основные администраторы (ответственные за сопровождение системы в учебном заведении). В сетевой архитектуре системы выделено отдельное хранилище данных, которое обеспечивает оперативный доступ к данным. Это позволяет снизить нагрузку на основную БД и произвести кластеризацию данных по признаку их текущей полезности [2].

Следующим этапом является внесение в хранилище данных – аудиторий, студентов, преподавателей и т.д. Затем происходит публикация дисциплин, их описаний, материалов, требований преподавателей. После этого студенты выбирают дисциплины для изучения из списков доступных и составляют индивидуальный учебный план на ближайший семестр. С использованием собранных данных составляется индивидуальное расписание для каждого студента и преподавателя, удовлетворяющее всем поставленным строгим требованиям и максимально подходящее под все нестрогие. Алгоритмически модуль генерации расписания основан на комплексном использовании эволюционных вычислений и метода штрафов. Данная комбинация позволяет включать

дополнительные условия в процесс генерации и уменьшить время генерации расписания по сравнению с использованием этих методов отдельно или при применении некоторых других методик [3]. Процедура составления расписания может проводиться несколько раз с параллельным изменением настроек или требований к расписанию, пока не будет получен оптимальный результат. В качестве объективного критерия оптимальности принимается минимальное отклонение от функции штрафов, задаваемой массивом требований к расписанию с различными значениями приоритета. Кроме того, возможна субъективная оценка отдельных срезов расписания и последующая его корректировка.

Представленная информационная система позиционируется для последующего внедрения в крупные высшие учебные заведения России, в частности, в Национальные исследовательские и Федеральные университеты.

Литература

1. Волков А., Ливанов Д., Фурсенко А. Высшее образование: повестка 2008–2016 // Эксперт. 2007. № 32 (573).
2. Moore R.W. Archiving experimental data // Encyclopedia of Database Systems. Springer, 2009. P. 132–135.
3. Sadaf Naseem Jat, Shengxiang Yang. A hybrid genetic algorithm and tabu search approach for post enrolment course timetabling // J. Scheduling. V. 14. No. 6. Amsterdam, 2011. P. 617–637.

Вдовин В.В.

Аспирант, Новосибирский государственный технический университет

МЕТОДИКА СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ПОЛНОГО ПОРЯДКА

Аннотация

В статье обсуждается методика синтеза алгоритмов наблюдения неизмеряемых координат состояния и оперативной идентификации изменяющихся параметров сложных динамических объектов, базирующаяся на структуре адаптивного наблюдателя полного порядка, а также ее применение в задачах бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами.

Ключевые слова: наблюдение, идентификация, синтез, адаптивный наблюдатель полного порядка.

Vdovin V.V.

Postgraduate student, Novosibirsk State Technical University

SYNTHESIS METHODS OF ALGORITHMS FOR CALCULATING COORDINATES STATE AND PARAMETERS OF COMPLEX DYNAMIC OBJECTS ON THE BASIS OF FULL ORDER OBSERVER

Abstract

The article discusses synthesis method of observation algorithm of unmeasured coordinates state and the rapid identification of changing parameters of complex dynamic objects, based on the structure of adaptive full-order observer, and it also discusses its application in the problems of sensorless vector control of asynchronous electric drives.

Keywords: observing, identification, synthesis, adaptive full order observer.

Постановка задачи

Для обеспечения высокого качества технологического процесса и экономической эффективности производства к системам регулирования предъявляются все более высокие требования к статическим и динамическим показателям и одновременной простоте, надежности и невысокой стоимости. Именно по этой причине все чаще применяются замкнутые системы автоматического управления (САУ). Применительно к электроприводу – применение замкнутых систем регулирования частоты вращения вала двигателя. Для построения замкнутых систем необходима достоверная текущая информация о координатах системы. Однако использование датчиков для получения информации обо всех координатах состояния объекта управления необходимых для построения замкнутых САУ не всегда целесообразно и возможно. Например, для построения системы векторного управления машинами переменного тока необходима информация об опорном векторе потокосцепления, измерение которого датчиками холла затруднительно.

Кроме того, параметры объекта управления в процессе работы могут изменяться в широких пределах, что может потребовать использования адаптивных систем управления, для функционирования которых необходима информация об изменяющихся параметрах.

Следовательно, часто перед разработчиками САУ встает проблема наблюдения неизмеряемых координат состояния и идентификации параметров объекта управления в текущий момент времени. Для исключения двояких толкований в терминах «наблюдения» и «идентификации» в данной работе используется понятие «вычисления», под которым понимается восстановление информации о неизмеряемых координатах состояния или параметрах объекта по информации о доступных измерению координатах состояния. Таким образом, необходимы специальные алгоритмы вычисления координат и параметров.

В настоящее время существует большое количество алгоритмов вычисления координат и параметров объектов управления. Их можно условно разделить на активные и пассивные. Под активными алгоритмами понимаются алгоритмы текущей информации используют в своей работе различные тестовые воздействия, которые влияют на координаты состояния и, соответственно, должны быть достаточно «малы» для того чтобы не влиять на ход технологического процесса, что в свою очередь требует использования высокоточных средств измерения для выявления реакции объекта управления. Пассивные алгоритмы используют лишь «рабочие» сигналы координат состояния. Наилучшие результаты в данном классе методов показывают адаптивные алгоритмы вычисления координат и параметров. Данные системы используют эталонную и настраиваемую модель. В качестве эталонной модели может служить как математическая модель объекта (например, алгоритмы MRAS [1] для асинхронных двигателей) так и сам объект управления. В качестве настраиваемой модели используется математическая модель объекта, которая должна быть известна. Для построения таких алгоритмов используется метод функций Ляпунова [2].

Однако рядом авторов [3,4,5] при синтезе алгоритмов вычисления для машин переменного тока допускаются типовые ошибки, приводящие к наличию областей неработоспособности предлагаемых ими алгоритмов в области малых частот питания и генераторных режимах работы. Предлагаемые в работе [5] алгоритмы, позволяющие исправить эту ситуацию, теоретически не обоснованы и вызывают ряд вопросов по выбору числовых коэффициентов предлагаемых алгоритмических «костылей».

Ниже предложена методика синтеза алгоритмов вычисления координат состояния и параметров объекта, основанная на использовании адаптивной системы, использующей в качестве настраиваемой модели наблюдатель полного порядка. Методика получена в результате исследования и синтеза алгоритмов вычисления для машин переменного тока.

Синтез структуры алгоритма вычисления координат состояния и параметров объекта

Необходимо представить математическую модель объекта в виде:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} + \mathbf{f}(t), \\ \mathbf{y} = \mathbf{Cx}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ – n -мерный вектор координат состояния;

$\mathbf{u} = [u_1 \ \dots \ u_m]^T$ – m -мерный вектор измеряемых управляющих воздействий;

$\mathbf{f}(t)$ – вектор независимых возмущений, информация о которых доступна;

\mathbf{y} – k -мерный вектор выходных переменных (координат состояния доступных для прямых измерений);

\mathbf{A} – собственная матрица объекта, $\dim \mathbf{A} = n \times n$;

\mathbf{B} – матрица управления;

\mathbf{C} – матрица выхода, $\dim \mathbf{C} = k \times n$;

Собственная матрица объекта \mathbf{A} зависит от изменяемых во времени параметров объекта $\mathbf{z} = [z_1 \ \dots \ z_d]^T$, которые должны входить в нее линейно. Матрица \mathbf{B} должна не зависеть от изменяющихся параметров.

В качестве настраиваемой модели принимается модель наблюдателя полного порядка

$$\begin{cases} \dot{\hat{\mathbf{x}}} = \hat{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{f}(t) + \mathbf{L}(\hat{\mathbf{y}} - \mathbf{y}), \\ \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{C}\hat{\mathbf{x}}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\hat{}$ – знак оценки соответствующей величины;

\mathbf{L} – искомая матрица стабилизирующей добавки $\dim \mathbf{L} = n \times k$.

$\hat{\mathbf{A}}$ – собственная матрица наблюдателя, оперирующая оценками неизменяемых параметров объекта $\hat{\mathbf{z}} = [\hat{z}_1 \ \dots \ \hat{z}_d]^T$.

Вычитая из уравнений наблюдателя (2) уравнения объекта получим модель динамики ошибок наблюдения координат состояния

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\mathbf{A} + \mathbf{LC})\boldsymbol{\varepsilon} + \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}})\boldsymbol{\tau}$$

где $\boldsymbol{\varepsilon} = \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}$ – вектор ошибок наблюдения координат состояния;

$\boldsymbol{\tau} = \hat{\mathbf{z}} - \mathbf{z}$ – d -мерный вектор отклонений параметров;

$\mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}})$ – матрица влияния отклонения параметров на ошибку наблюдения координат состояния зависящая от оценок координат.

Таким образом, отклонения параметров влияют на ошибки наблюдения координат.

Информация об отклонениях параметров должна восстанавливаться по информации об ошибках наблюдения координат

$$\dot{\boldsymbol{\tau}} = \mathbf{G}\boldsymbol{\varepsilon}, \quad (3)$$

где \mathbf{G} – искомая матрица адаптации, $\dim \mathbf{G} = d \times n$.

Соответственно модель динамики ошибок наблюдения координат и параметров объекта имеет вид

$$\begin{bmatrix} \dot{\boldsymbol{\varepsilon}} \\ \dot{\boldsymbol{\tau}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} + \mathbf{LC} & \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}}) \\ \mathbf{G} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Так как адаптивные системы являются нелинейными для их синтеза необходимо применять метод функции Ляпунова [6]. В качестве метода построения функции Ляпунова предлагается использовать метод Красовского. Согласно этому методу функция Ляпунова задается в виде

$$V = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix}^T \mathbf{H} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix},$$

где \mathbf{H} – искомая симметричная квадратная матрица весовых коэффициентов, $\dim \mathbf{H} = (n + d) \times (n + d)$.

Матрицу весовых коэффициентов рекомендуется выбрать в виде

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_\varepsilon & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{H}_\tau \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где \mathbf{H}_ε – искомая симметричная квадратная матрица весовых коэффициентов ошибок наблюдения координат, $\dim \mathbf{H}_\varepsilon = n \times n$;

\mathbf{H}_τ – искомая симметричная квадратная матрица весовых коэффициентов отклонений параметров $\dim \mathbf{H}_\tau = d \times d$.

Нулевая побочная диагональ матрицы \mathbf{H} обеспечивает при синтезе «развязку» ошибок наблюдения координат и отклонений параметров друг от друга.

Функция Ляпунова должна быть положительно определенной, а так как она является квадратичной формой, то для ее положительной определенности, согласно критерию Сильвестра [6], необходимо и достаточно, чтобы квадратная матрица весовых коэффициентов \mathbf{H} была положительно определенной.

Производная функции Ляпунова

$$\dot{V} = \begin{bmatrix} \dot{\boldsymbol{\varepsilon}} \\ \dot{\boldsymbol{\tau}} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{H}_\varepsilon & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{H}_\tau \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{H}_\varepsilon & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{H}_\tau \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\boldsymbol{\varepsilon}} \\ \dot{\boldsymbol{\tau}} \end{bmatrix}$$

При подстановке модели динамики ошибок (4) в производную функции Ляпунова имеем

$$\dot{V} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{H}_\varepsilon(\mathbf{A} + \mathbf{LC}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_\varepsilon & \mathbf{G}^T \mathbf{H}_\tau + \mathbf{H}_\varepsilon \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}}) \\ \mathbf{H}_\tau \mathbf{G} + \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}})^T \mathbf{H}_\varepsilon & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\tau} \end{bmatrix}$$

Для обеспечения отрицательной определенности производной функции Ляпунова (выполнение критерия Сильвестра) необходимо чтобы:

$$\mathbf{H}_\tau \mathbf{G} + \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}})^T \mathbf{H}_\varepsilon = \mathbf{0}.$$

Соответственно матрица адаптации должна определяться согласно выражению

$$\mathbf{G} = -\mathbf{H}_\tau^{-1} \mathbf{A}_\tau(\hat{\mathbf{x}})^T \mathbf{H}_\varepsilon.$$

При этом из производной функции Ляпунова будут исключены отклонения параметров

$$\dot{V} = \boldsymbol{\varepsilon}^T \left[\mathbf{H}_\varepsilon(\mathbf{A} + \mathbf{LC}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_\varepsilon \right] \boldsymbol{\varepsilon},$$

Производная функции Ляпунова должна быть отрицательно определенной функцией, соответственно квадратная матрица $\mathbf{H}_\varepsilon(\mathbf{A} + \mathbf{LC}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_\varepsilon$ должна быть отрицательно определенной.

Законы вычисления отклонения параметров

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{G}\mathbf{e} = -\mathbf{H}_r^{-1}\mathbf{A}_r(\hat{\mathbf{x}})^T \mathbf{H}_e(\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}) \quad (6)$$

Тогда законы адаптации параметров

$$\dot{\hat{\mathbf{z}}} = \int (-\mathbf{H}_r^{-1}\mathbf{A}_r(\hat{\mathbf{x}})^T \mathbf{H}_e(\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}))dt + \mathbf{z}_0,$$

где \mathbf{z}_0 – априорные оценки параметров (получаемые в результате предварительной идентификации).

Следовательно, законы адаптации параметров в общем виде зависят от оценок координат состояния и самих координат. Однако для работы алгоритма доступны только выходные переменные $\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}$.

Таким образом, весовые коэффициенты и матрица «стабилизирующей» добавки должны одновременно обеспечить выполнение трех условий:

1. Вхождение в закон вычисления оценок (6) только выходных переменных доступных для прямых измерений $\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}$.
2. Отрицательную определенность квадратной матрицы:

$$\mathbf{H}_e(\mathbf{A} + \mathbf{LC}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_e.$$

3. Положительная определенность матрицы весовых коэффициентов \mathbf{H} .

Синтез параметров алгоритма вычисления координат и параметров

Для обеспечения этих трех условий должна быть выбрана матрица стабилизирующей добавки и весовые коэффициенты либо соотношения между ними. Эта задача является достаточно сложной и может иметь не одно решение. Автором рекомендуется следующий порядок действий:

1. Следует задаваться наибольшим количеством элементов матрицы \mathbf{H}_e – не ограничиваться лишь коэффициентами по главной диагонали.

2. Матрицу \mathbf{H}_r рекомендуется выбирать строго диагональной – для исключения связи между отклонениями параметров. Однако допускается применение недиагональных элементов.

3. В общем виде найти законы вычисления оценок и исключить из них неизменяемые переменные путем выбора соотношений между весовыми коэффициентами. При этом могут быть получены соотношения только между несколькими весовыми коэффициентами.

3. При принятых соотношениях коэффициентов проверить положительную определенность матрицы \mathbf{H} либо наложить условия на соотношения между другими коэффициентами.

4. Проанализировать матрицу

$$\mathbf{H}_e(\mathbf{A} + \mathbf{C}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_e,$$

при $\mathbf{L} = \mathbf{0}$ с учетом принятых соотношений между весовыми коэффициентами.

В случае если она отрицательно не определена, выбрать матрицу «стабилизирующей» добавки и при необходимости соотношения еще не определенных коэффициентов так чтобы обеспечить отрицательную определенность матрицы $\mathbf{H}_e(\mathbf{A} + \mathbf{C}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_e$.

5. В матрицу стабилизирующей добавки могут войти изменяющиеся параметры объекта $\mathbf{L}(\mathbf{z})$. В этом случае необходимо перейти к их оценкам, исходя из допущения $\mathbf{z} \approx \hat{\mathbf{z}}$.

6. В результате все весовые коэффициенты должны быть связаны между собой некоторыми соотношениями либо четко определены. Должна быть получена матрица «стабилизирующей» добавки

7. Полученные в ходе синтеза законы адаптации являются в общем виде интегральными.

$$\hat{\mathbf{z}}_i = k_{n,i} \int f_i(\hat{\mathbf{x}}, \mathbf{x})dt + z_{0,i}$$

В некоторых случаях они могут быть дополнены пропорциональной частью

$$\hat{\mathbf{z}}_i = k_{n,i} \int f_i(\hat{\mathbf{x}}, \mathbf{x})dt + k_{p,i} f_i(\hat{\mathbf{x}}, \mathbf{x}) + z_{0,i}.$$

8. Если весовые коэффициенты не определены, а определены лишь соотношения между ними, то для получения коэффициентов законов адаптации может быть использован метод линеаризации уравнений динамики объекта с учетом законов адаптации, либо метод проб и ошибок. В общем случае коэффициенты законов адаптации могут зависеть от самих параметров объекта.

Общая структурная схема алгоритма идентификации координат состояния и неизменяемых параметров представлена на рис. 1.

9. Результаты должны быть проверены методом численного моделирования.

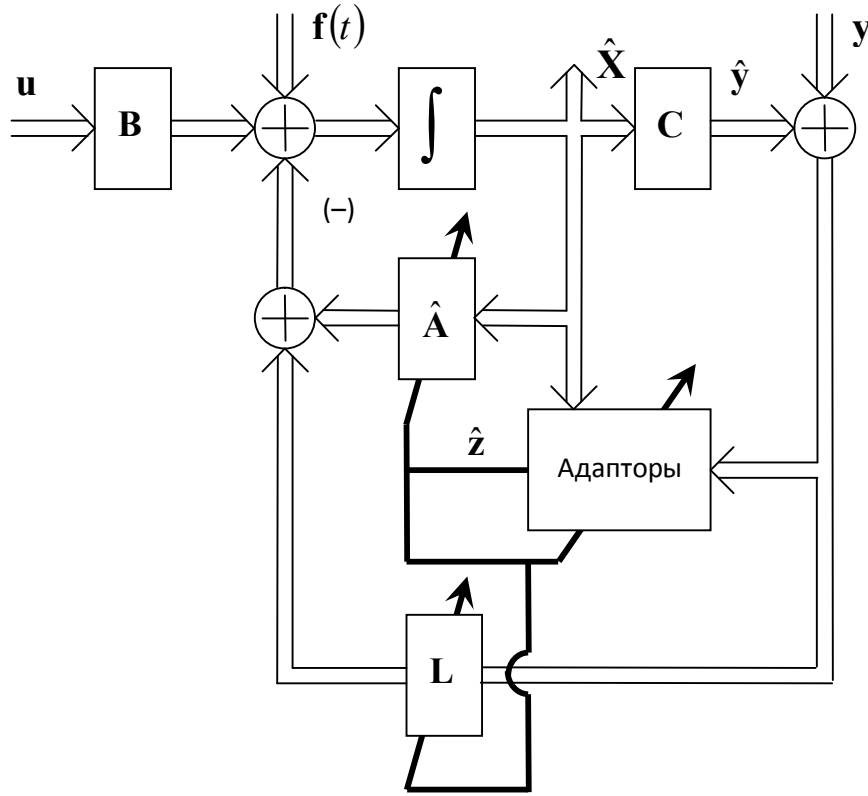


Рис. 1 – Структурная схема алгоритма вычисления координат и параметров

Согласно предлагаемой методике были синтезированы алгоритмы вычисления для асинхронного двигателя с короткозамкнутым (АДКЗР) [7] и фазным ротором [8], а также синхронного двигателя с магнитоэлектрическим возбуждением [9] предназначенные для работы в составе систем бездатчикового векторного управления. Использование методов линеаризации алгоритмов вычисления позволило рекомендовать конкретные методики расчета законов адаптации для этих систем. Ниже кратко приведены результаты синтеза для АДКЗР.

Алгоритм вычисления координат и параметров АДКЗР

Алгоритм вычисляет необходимую для построения системы векторного управления информацию об опорном векторе потокоцепления машины – потокоцеплении ротора, вычисляет оценку частоты вращения ротора двигателя необходимую для построения замкнутой САУ регулирования частоты вращения. Следует отметить, что частота вращения двигателя является координатой состояния для электропривода с учетом движения механической части, однако входит в математическую модель двигателя как изменяющийся параметр.

Математическая модель АДКЗР

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}_s, \\ \mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}, \end{cases}$$

где $\mathbf{x} = [i_{sa} \ i_{s\beta} \ \psi_{ra} \ \psi_{r\beta}]^T$ – вектор координат состояния объекта – токов и потокоцеплений, $\mathbf{u}_s = [u_{sa} \ u_{s\beta}]^T$ – вектор управляющих воздействий, $\mathbf{C} = [\mathbf{E} \ \mathbf{0}]^T$ – матрица выхода, $\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} = \mathbf{I}_s = [i_{sa} \ i_{s\beta}]^T$ – вектор-столбец доступных для прямого измерения переменных, \mathbf{A} – собственная матрица АДКЗР,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -\frac{R_r k_r^2}{L_{\sigma e}^s} \mathbf{E} - \frac{R_s}{L_{\sigma e}^s} \mathbf{E} & \frac{R_r k_r}{L_{\sigma e}^s L_r} \mathbf{E} - \frac{k_r}{L_{\sigma e}^s} \omega_e \mathbf{D} \\ k_r R_r \mathbf{E} & -\frac{R_r}{L_r} \mathbf{E} + \omega_e \mathbf{D} \end{bmatrix},$$

где $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_{\sigma e}^s} \mathbf{E} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$ – матрица управления;

$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ – единичная матрица;

$R_r, R_s, k_r, L_{\sigma e}^s, T_r, L_m$ – неизменяемые параметры двигателя;

ω_e – электрическая частота вращения ротора двигателя – изменяющийся параметр $\omega_e = z$.

Собственная матрица наблюдателя $\hat{\mathbf{A}}$ будет иметь вид

$$\hat{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} -\frac{R_r k_r^2}{L_{\sigma e}^s} \mathbf{E} - \frac{R_s}{L_{\sigma e}^s} \mathbf{E} & \frac{R_r k_r}{L_{\sigma e}^s L_r} \mathbf{E} - \frac{k_r}{L_{\sigma e}^s} \hat{\omega}_e \mathbf{D} \\ k_r R_r \mathbf{E} & -\frac{R_r}{L_r} \mathbf{E} + \hat{\omega}_e \mathbf{D} \end{bmatrix}.$$

Соответствующая матрица влияния отклонения параметров на ошибку наблюдения координат состояния

$$\mathbf{A}_r = \begin{bmatrix} -\frac{k_r}{L_{\sigma e}} \mathbf{D} \hat{\Psi}_r \\ \mathbf{D} \hat{\Psi}_r \end{bmatrix}.$$

Предлагается использовать матрицы весовых коэффициентов вида:

$$\mathbf{H}_e = \begin{bmatrix} h_i^2 & 0 & h^2 & 0 \\ 0 & h_i^2 & 0 & h^2 \\ h^2 & 0 & h_\psi^2 & 0 \\ 0 & h^2 & 0 & h_\psi^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_i^2 \mathbf{E} & h^2 \mathbf{E} \\ h^2 \mathbf{E} & h_\psi^2 \mathbf{E} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H}_r = \frac{1}{\lambda_\delta},$$

где h_i , h , h_ψ , λ_δ – некоторые положительные константы.

Закон адаптации частоты вращения:

$$\dot{\delta} = \lambda_\delta \left(\frac{k_r}{L_{\sigma e}} h_i^2 - h^2 \right) \hat{\Psi}_r^T \mathbf{D}^T (\hat{\mathbf{I}}_s - \mathbf{I}_s) + \lambda_\delta \left(\frac{k_r}{L_{\sigma e}} h^2 - h_\psi^2 \right) \hat{\Psi}_r^T \mathbf{D}^T (\hat{\Psi}_r - \Psi_r).$$

Для исключения, не измеряемого вектора потокоцепления ротора необходимо принять соотношение

$$h_\psi^2 = h^2 \frac{k_r}{L_{\sigma e}}. \quad (7)$$

При анализе положительной определенности матрицы \mathbf{H} получим условие, накладываемое на соотношение весовых коэффициентов

$$h_i^2 > h_\psi^2 \left(\frac{L_{\sigma e}}{k_r} \right)^2. \quad (8)$$

Для отрицательной определенности квадратичная матрица $(\mathbf{H}_e (\mathbf{A} + \mathbf{LC}) + (\mathbf{A} + \mathbf{LC})^T \mathbf{H}_e)$ при принятом соотношении (7) можно принять соотношение

$$h_i^2 = h_\psi^2 \left(\frac{L_{\sigma e}}{k_r} \right)^2 \left(1 + \frac{R_s L_r}{R_r L_{\sigma e}} \right),$$

которое удовлетворяет условию (8).

И использовать матрицу стабилизирующей добавки

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} -\hat{\omega}_e \mathbf{D} \frac{R_s L_r}{R_r L_{\sigma e}} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}.$$

При принятых соотношениях закон адаптации электрической частоты вращения ротора

$$\dot{\delta} = \lambda_\delta \mathbf{\varepsilon}_i^T \mathbf{D} \hat{\Psi}_r \left(h_i^2 \frac{k_r}{L_{\sigma e}} - h^2 \right) = \lambda_\delta h_\psi^2 \frac{R_s L_r}{R_r k_r} \mathbf{\varepsilon}_i^T \mathbf{D} \hat{\Psi}_r,$$

в который входят две неопределенные величины λ_δ и h_ψ , поэтому для получения численных значений коэффициентов адаптации необходимо использовать, например, подход, описанный в [7].

Дополняя (2.14) пропорциональной частью получим пропорционально-интегральный закон формирования оценки электрической частоты вращения двигателя:

$$\hat{\omega}_e = k_n \int \mathbf{\varepsilon}_i^T \mathbf{D} \hat{\Psi}_r dt + k_{ii} \mathbf{\varepsilon}_i^T \mathbf{D} \hat{\Psi}_r.$$

Стоит отметить, что весовые коэффициенты и соотношения между ними фигурируют только при синтезе закона адаптации и стабилизирующей добавки.

Результаты моделирования предлагаемого алгоритма подтверждают его работоспособность и устойчивость во всей плоскости механических характеристик.

Заключение

Предлагаемая методика синтеза алгоритма вычисления позволяет синтезировать структуру и численные значения коэффициентов законов адаптации и матрицы «стабилизирующей» добавки. Использование в качестве настраиваемой модели наблюдателя полного порядка обеспечивает отсутствие в структуре алгоритма «открытых» интеграторов.

Литература

1. J. Holtz. Sensorless Control of Induction Motor Drives / Proceedings of the IEEE. August 2002, vol. 90, no.8.
2. Барбашин Е.А. Функции Ляпунова. – М. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва “Наука”, 1970. – 240 с.
3. Kubota H., Matsuse K., Nakano T. DSP-Based Speed Adaptive Flux Observer of Induction Motor // IEEE Trans. Ind. Applicat. – 1993. – Vol. 29. – № 2. – P. 344–348.
4. Tursini M., Petrella R., Parasiliti F. Adaptive Sliding-Mode Observer for Speed Sensorless Control of Induction Motors // IEEE Trans. Ind. Applicat. – 2000. – Vol. 36. – № 5. – P. 1380–1387.
5. Hinkkanen M., Luomi J. Parameter Sensitivity of Full-Order Flux Observers for Induction Motors // IEEE Trans. Ind. Applicat. – 2003. – Vol. 39. – № 4. – P. 1127–1135.
6. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.
7. Вдовин В.В., Панкратов В.В. Синтез адаптивного наблюдателя координат бездатчикового асинхронного электропривода // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 4. Энергетика. – С. 147 – 153.
8. Vdovin V. V. State Observer for Sensorless Vector Control of Doubly Fed Induction Motor / V. V. Vdovin, D. A. Kotin, V. V. Pankratov // Proceedings of 14th International Conference on Young Specialist on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 2013). – Erlagol, Altai, July 1 – 5, 2013, pp. 382 – 388.
9. Вдовин В. В. Адаптивный наблюдатель координат для бездатчикового магнитоэлектрического синхронного электропривода / В. В. Вдовин, В. В. Панкратов // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 70 – 74.

ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ ФЕРРОЗОНДОВЫЙ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ МАГНИТОМЕТР

Аннотация

Рассмотрена структура магнитометрического преобразователя с тремя ортогональными феррозондами. Определены особенности работы трехкомпонентного феррозондового датчика в неоднородном магнитном поле. Представлен прибор для обнаружения на фоне нормального поля Земли слабых магнитных аномалий, с возможностью определения их местоположения и параметров в результате обработки данных магнитометрического датчика по алгоритму микропроцессорного вычислителя.

Ключевые слова: трехкомпонентный феррозондовый преобразователь; однородное магнитное поле; магнитная аномалия; ось чувствительности магнитометра.

¹Vlaskin K.I., ²Prishepov S.K., ³Milovzorov G.V.

¹Junior research associate, Ufa State Aviation Technical University; ²PhD in technical sciences, associate professor, Ufa State University; Ufa State Aviation Technical University; ³Doctor of engineering science, professor, Udmurt State University

THREE-AXIS FLUXGATE MICROPROCESSOR-BASED MAGNETOMETER

Abstract

The structure of the magnetometer sensor with three orthogonal fluxgate is considered. The features of the three axial fluxgate sensor in a heterogeneous magnetic field are determined. Also the device for detection of weak magnetic anomalies at Earth's normal magnetic field is presented. It allows to determine their location and parameters by magnetometric sensor data processing with microprocessor algorithm.

Keywords: three component fluxgate sensor; heterogeneous magnetic field; magnetic anomaly; the axis of magnetometer sensitivity.

Магниточувствительные преобразователи феррозондового типа являются типичными представителями класса «smart sensor», то есть выполняют в измерительных приборах и системах функции интеллектуальных датчиков (ИД) [1]. Информационный сигнал феррозонда (ФЗ) содержит 4 информативных составляющих: амплитуду U_{2f} ; фазу; частоту $2f$; знак (+), (-) вектора магнитного воздействия. Следовательно, ФЗ как чувствительный элемент (ЧЭ) уже представляет собой многофункциональный преобразователь. Расширение функций ФЗ для решения комплексных задач – алгоритмических и вычислительных – выполняется в мультисенсорных структурах феррозондовых ИД, когда два и более ФЗ образуют единый измерительный модуль, размещенный в общем корпусе.

Многофункциональным является 3-х компонентный ФЗ ИД, в котором оси чувствительности трёх ЧЭ ортогональны. Трёхкомпонентный ФЗ ИД способен выполнять множество функций [2]. В частности, функция вычисления модуля полного вектора \vec{T} магнитного воздействия нормального поля Земли (НМПЗ), решается по формуле:

$$|\vec{T}| = \sqrt{|\vec{X}|^2 + |\vec{Y}|^2 + |\vec{Z}|^2}, \quad (1)$$

где \vec{X} , \vec{Y} , \vec{Z} – ортогональные составляющие вектора \vec{T} .

Функция выполняется микропроцессорным (МП) вычислителем в архитектуре ИД вне зависимости от ориентации модуля трехкомпонентного ФЗ в пространстве.

Функция вычисления модуля $|\vec{A}|$ – аномалии вектора НМПЗ решается трёхкомпонентным ФЗ по формуле:

$$|\vec{A}| = |\vec{T}| - |\vec{T}_0|, \quad (2)$$

где $|\vec{T}_0| = \text{const}$ – эквивалент, соответствующий уровню НМПЗ, содержащийся в памяти МП; $|\vec{T}|$ – текущее значение измеряемого магнитного поля. Вектор \vec{A} раскладывается ортогональной системой осей чувствительности датчика на составляющие \vec{X} , \vec{Y} , \vec{Z} , что деформирует правильную по рис.1 пространственную диаграмму направленности 3-х компонентного ФЗ в однородном магнитном поле \vec{T}_0 .

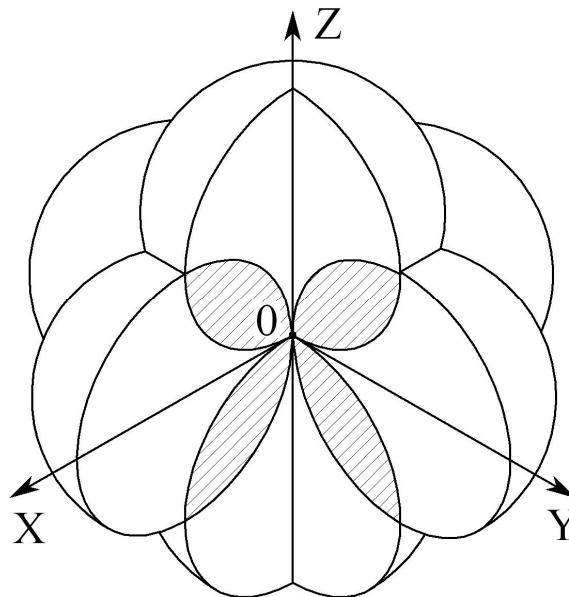


Рис.1. Объемная диаграмма направленности 3-х компонентного ФЗ

Деформация диаграммы направленности датчика затрудняет определение направления вектора \vec{A} , так как требует заданных вспомогательных угловых перемещений магнитометрического модуля ФЗ относительно начала координат O по рис. 1. Задача определения направления вектора магнитной аномалии \vec{A} решается трехкомпонентным ФЗ ИД с введением дополнительной

функции переключения в режим измерения осевого чувствительного элемента \vec{Z} по рис.1, без опроса микропроцессорным вычислителем элементов \vec{X} , \vec{Y} .

Данная совокупность функций ФЗ ИД реализована в автономном универсальном магнитометре по рис. 2. Это прибор, предназначенный для контроля магнитный полей малого ≤ 70 мкТл уровня. Особенностью прибора является возможность обнаружения слабых магнитных аномалий на фоне больших и постоянно действующих магнитных полей, в частности, на фоне НМПЗ. Данная возможность обеспечивается применением 3-х компонентного феррозондового интеллектуального датчика с алгоритмической микропроцессорной обработкой измеренных параметров, а так же работой прибора в 2-х режимах: «Контроль» и «Пеленг».

Прибор предназначен для эксплуатации как в стационарном, так и в переносном полевом вариантах. Каких-либо дополнительных внешних соединений не требуется. Для начала измерений тумблер режимов работы переводится в положение «КОНТРОЛЬ», тумблер «ВКЛ.» - в верхнее положение. При этом начинается подготовка к работе микропроцессора и электронной схемы, которая продолжается 30 сек. По окончании подготовки, что определяется устойчивостью показаний индикатора, капсула датчика приводится оператором в неподвижное состояние. Предпочтительное положение капсулы в режиме «КОНТРОЛЬ» - вертикальное. Измерения необходимо начинать, удерживая капсулу датчика на возможно большем расстоянии от ферромагнитных объектов, то есть в условиях НМПЗ. Данные условия характеризуются неизменными показаниями цифрового индикатора при угловых эволюциях капсулы относительно центра O осей чувствительности ФЗ по рис 1. Следует учитывать, что *нормальное* магнитное поле Земли, то есть полное отсутствие его аномалий, можно наблюдать только в особых условиях – вне зоны ферросодержащих геологических образований, промышленных сооружений, коммуникаций, *полевых* воздействий силовых агрегатов. Установившееся в условиях НМПЗ на индикаторе прибора число, принимается за «начало шкалы» для определения наличия и характера магнитной аномалии. Наличие аномалии деформирует правильную пространственную диаграмму направленности 3-х компонентного ФЗ по рис.1., что согласно (2) вызывает отклонение показаний индикатора прибора от числа, принятого за начало шкалы. После обнаружения магнитной аномалии производится уточнение ее параметров, в частности, направление действия.

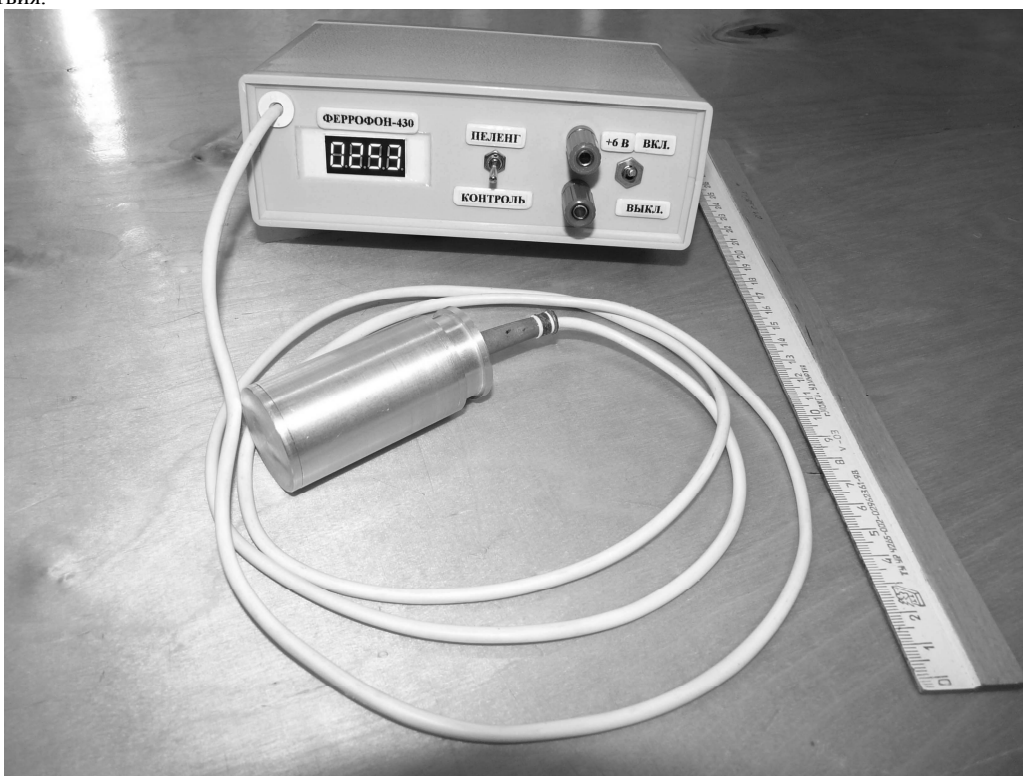


Рис.2. Внешний вид автономного магнитометрического прибора

Для определения параметров обнаруженной магнитной аномалии, тумблер режима работы переключается в положение «ПЕЛЕНГ». В данном режиме магнитометр выполняет функцию магнитной указки, то есть задает направление поиска источника магнитной аномалии по оси направленности Z -феррозонда 3-компонентного датчика (рис.1). Это направление будет соответствовать продольной Z -оси цилиндрической капсулы по рис.2 в том ее пространственном положении, в котором цифровой индикатор прибора покажет наибольшее отклонение от числа «начало шкалы».

В корпусе прибора размещен автономный аккумуляторный блок питания. Вместе с тем, предусмотрена возможность подключения внешнего источника + 6 В.

Дополнительные функции прибора данного исполнения могут быть реализованы без дополнительных аппаратных затрат - достаточно перепрограммировать процессор в соответствии с новыми требованиями технических заданий, в частности:

- обнаружение проводников и силовых кабелей, как с постоянным током, так и с переменным током 50 Гц;
- геофизические исследования на земной поверхности, в частности, определение Fe -содержания отвалов шахтных и скважинных пород;
- функции датчика пространственного положения либо перемещений подвижных объектов;
- функции счётчика перемещающихся ферромагнитных объектов (автомобили, вагоны поездов, конвейерные изделия и т.д.);
- определение скорости либо числа оборотов вращающихся объектов.

Литература

1. Прищепов С.К., Власкин К.И. Интегральные и гибридные технологии производства феррозондовых датчиков // Нано- и микросистемная техника. – 2011. - № 9. – С. 2-4.
2. Ковшов Г.Н., Коловертнов Г.Ю. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. – 228с.

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАДАННОМ ОБЪЕМЕ

Аннотация

Определены причины возникновения, формы проявления и результаты воздействия на биологические объекты магнитных аномалий, нарушающих нормальное магнитное поле Земли – один из основополагающих компонентов естественной среды обитания живой природы. Рассмотрены методы и системы защиты биологических объектов от магнитных аномалий, приведены особенности работы, достоинства, недостатки данных систем. Представлена система компенсации магнитных аномалий в заданном объеме с сохранением в нем нормального магнитного поля Земли, соизмеримом с антропометрическими данными, то есть достаточном для долговременного и комфортного размещения в нем пациента в период восстановления здоровья.

Ключевые слова: нормальное магнитное поле Земли; магнитная аномалия; система компенсации магнитных возмущений; трехкомпонентный феррозондовый магнитометр; кольца Гельмгольца.

Prishepov S.K.¹, Milovzorov G.V.², Vlaskin K.I.³, Jamileva Z.M.⁴

¹ PhD in technical sciences, associate professor, Ufa State University; Ufa State Aviation Technical University; ² Doctor of engineering science, professor, Udmurt State University; ³ junior research associate, Ufa State Aviation Technical University; ⁴ candidate for a degree PhD in technical sciences, Ufa State Aviation Technical University

STABILIZATION SYSTEM OF GEOMAGNETIC FIELD IN A SPECIFIED VOLUME

Abstract

Defined causes, manifestation of emergence forms and the effects on biological objects of magnetic anomalies that disrupt the normal Earth's magnetic field - a fundamental component of the natural habitat of wildlife. The methods and systems for protection of biological objects from the magnetic anomalies are features of work, advantages, disadvantages of these systems are considered. System of compensation of magnetic anomalies in a specified volume is represented. The system allows to preserve the normal Earth's magnetic field, that is relevant for long-term and a comfortable stay in it during the patient's rehabilitation.

Keywords: normal Earth's magnetic field; magnetic anomaly; magnetic disturbances compensation system; three axial magnetometer; Helmholtz coils.

Геомагнитное поле является одним из основных факторов окружающей среды, влияющих на состояние живого организма. Наиболее естественной для биологических объектов (БО) является среда обитания в условиях нормального магнитного поля Земли (НМПЗ), так как оно представляет собой историческую и физическую константу по направлению действия и уровню (50 мкТл). Поэтому БО являются своего рода сенсорами, реагирующими на малейшие аномальные отклонения окружающего их магнитного фона от естественного – НМПЗ.

В общем случае магнитное поле оказывает многоуровневое воздействие на БО: микроструктуры биохимических веществ; функционирование отдельных органов, их систем; состояние организма в целом. Магнитные возмущения, возникающие в результате действия техногенных, геофизических и космических факторов искажают естественный для БО магнитный фон. Магнитные аномалии (МА) могут быть постоянными, апериодическими, знакопеременными, их величина, как правило, составляет 10 – 600 нТл, а направление действия – случайно. По сравнению с НМПЗ магнитные аномалии незначительны по уровню, однако именно они, нарушая естественный магнитный фон БО, оказывают существенное влияние на состояние и многие его физические, химические, физиологические процессы.

Исследования показали, что организм человека, как БО высшей формы развития, отличается повышенной чувствительностью к воздействию МА. Определено влияние МА на скорость коллоидно-химических и окислительно-восстановительных реакций, тонус вегетативной нервной системы, изменение состава плазмы, которые, в свою очередь, приводят к нарушениям деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, центральной нервной системы человека. Кроме того, достоверно доказано, что больной и практически здоровый организмы по-разному реагируют на магнитные бури, что объясняется различием их резервных возможностей, которые позволяют либо не позволяют адаптироваться к изменениям магнитного фона. Наиболее уязвимым объектом (ОВ) воздействия МА является ослабленный или больной организм [1]. Положение усугубляется при вынужденном нахождении человека в неподвижном состоянии, например – в условиях длительного постельного режима, так как в этом случае однонаправленность воздействия МА приводит к накоплению негативных реакций организма. Вместе с тем, постельный режим – единственно приемлемая форма комфортного и долговременного расположения пациента с ослабленным здоровьем и ограниченной подвижностью. Поэтому в данном случае объем НМПЗ для размещения БО должен быть не менее $2 \times 1,5 \times 1,5 \text{ м}^3$ [2].

Таким образом, существует проблема защиты БО в частности, человеческого организма от влияния МА при одновременном сохранении для него естественного магнитного фона – НМПЗ.

Известен ряд методов защиты биологических объектов от МА. Одним из них является прямое экранирование, которое заключается в размещении БО в объеме, ограниченном конструкциями из ферромагнитного материала [1]. Недостатком такого метода является полная изоляция от НМПЗ, что является наиболее существенной аномалией, приводящей к нарушению жизненно важных функций БО. Доказано, что человеческий организм, длительное время находящийся вне геомагнитного поля (например, в рейдах подводных лодок), подвержен нарушениям физиологических, биохимических свойств и функций внутренних органов: наблюдается атипичский рост клеток и тканей, наступает критическое ухудшение здоровья.

Более совершенный способ устранения магнитных аномалий – компенсация их магнитным полем, противоположным вектору МА при помощи системы колец Гельмгольца (КГ), которая представляет собой три пары плоских индуктивностей, оси которых перпендикулярны друг другу. Известные устройства, выполненные по традиционной схеме, создают рабочие объемы: основной (компенсации) и дополнительный (измерения) посредством основных и дополнительных КГ. Каждая катушка основного рабочего объема соединена с соответствующей катушкой дополнительного объема. Магнитометр в системе выполнен феррозондовым трехкомпонентным и размещен в дополнительном объеме измерения с ориентацией каждой из трех его осей чувствительности вдоль соответствующей оси пары КГ. Феррозонды (ФЗ) формируют управляющие воздействия на собственные пары КГ. Таким образом, суммарное воздействие трех пар КГ компенсирует МА как по уровню, так и по направлению [3].

Недостатком такого устройства является размещение магнитометра в дополнительном объеме измерения, что приводит к недостоверности информационных сигналов ФЗ о величине и направлении МА в объеме рабочем, следовательно, ограничивает возможность полного компенсирования в нем магнитных возмущений. Кроме того, объем нормализованного магнитного поля Земли не может быть большим, так как при увеличении размеров КГ дополнительный объем удаляется от центра объема НМПЗ, что увеличивает разность между воздействиями МА в рабочем объеме и в объеме размещения ФЗ. Ограничение рабочего объема сужает область применения данной системы компенсации. Так, например, она не может быть использована по своему прямому назначению – для защиты ослабленного или больного человеческого организма, так как малый объем НМПЗ позволяет разместить

в нем пациента лишь в положении сидя. В таком положении обеспечение жизненно важных функций и комфорта пациента на протяжении многодневного периода реабилитации, а тем более реанимации, не представляется возможным.

Предлагаемая авторами система стабилизации магнитного поля (СМП) обеспечивает более высокую точность измерения магнитных возмущений с последующей их компенсацией в рабочем объеме. Согласно рис.1 система содержит три пары КГ с взаимортогональными осями: $X1-X2$; $Y1-Y2$; $Z1-Z2$. Феррозонды трехкомпонентного магнитометра выполнены стержневыми дифференциальными с соосно расположенными полуэлементами: Φ_x ; Φ_y ; Φ_z . Выход каждого феррозонда присоединен к включенным последовательно преобразователю информационного сигнала и соответствующей паре КГ. Три пары КГ образуют трехосную ортогональную систему, центр которой совпадает с точкой пересечения осей чувствительности ФЗ и является центром рабочего объема РО системы СМП. Таким образом, по рис.1 пациент стационарно расположен в центре РО, то есть в области наибольших достоверности контроля МА и однородности НМПЗ.

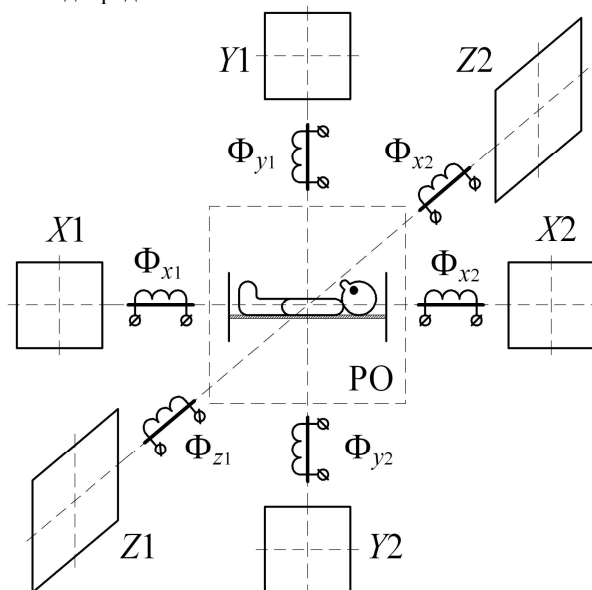


Рис. 1. Система стабилизации магнитного поля в рабочем объеме.

В предлагаемой системе существенно увеличен РО для размещения БО, что обеспечивается установкой КГ по образующим стен реабилитационного помещения, а также структурой дифференциальных стержневых феррозондов, полуэлементы которых разнесены по осям относительно центра системы настолько, что расстояние между ними соизмеримо с антропометрическими данными и достаточно для комфортного расположения человека в объеме созданного НМПЗ [4].

На рис.2 изображена схема одного из каналов системы СМП, в которой дифференциальный стержневой ФЗ, в соответствии с рис.1, состоит из полуэлементов П1 и П2, разнесенных таким образом, что объект ОВ воздействия МА находится в центре объема НМПЗ, то есть в зоне наибольшей однородности магнитного поля. ЭВМ, усилитель мощности УМ, ФЗ, избирательный фильтр ИФ, масштабный усилитель МУ и синхронный детектор СД образуют измерительно-преобразовательный модуль системы. Данный модуль осуществляет преобразование в управляющий сигнал КГ одной из трех ортогональных составляющих внешнего для системы СМП магнитного поля. В данном модуле ИФ работает по второй гармонике феррозондового преобразователя, что обеспечивает повышенную $1\div 5$ нТл чувствительность магнитометра к МА. МУ усиливает информационный сигнал до уровня уверенного срабатывания СД. Применение СД обеспечивает возможность изменения знака вектора магнитной компенсации каждой пары КГ. С выхода СД сигналы поступают в блок усилителей БУ, где доводятся до уровня, необходимого для создания компенсирующего магнитного поля. Усиленные электрические сигналы поступают на пары КГ. Схема сравнения СС обеспечивает срабатывание аварийной сигнализации АС и реле Р, прекращающего работу КГ при отсутствии компенсации или ошибочных режимах системы в течение заданного интервала времени. Сигналы, подводимые к КГ, обрабатываются также аналого-цифровым преобразователем АЦП, информация с которого поступает в ЭВМ.

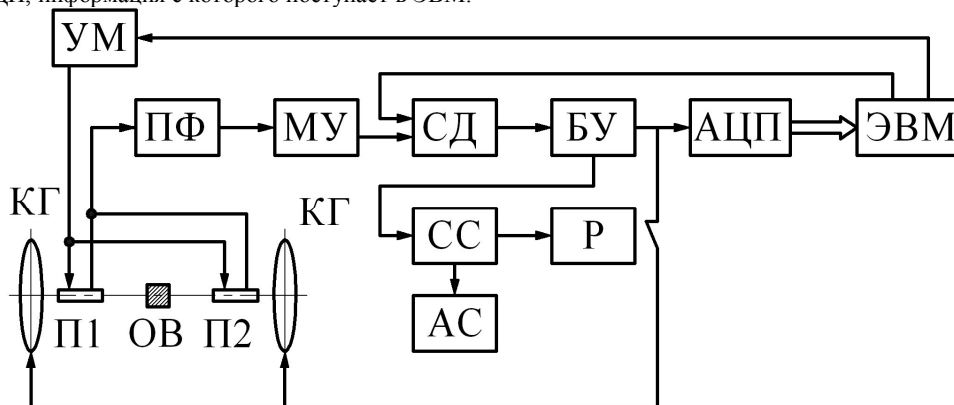


Рис. 2. Схема канала преобразования системы СМП.

Таким образом, предложенная система СМП обеспечивает наибольшую эффективность подавления МА вследствие достоверного контроля и воздействия на нее комплексом КГ в *едином* объеме.

ВЫВОДЫ.

Основными позитивными свойствами системы СМП являются:

1. Увеличение рабочего объема НМПЗ, необходимого для комфортного долгосрочного расположения человека в период восстановления здоровья.
2. Наибольшая однородность НМПЗ в центре рабочего объема, то есть в области расположения пациента.
3. Эффективность подавления МА вследствие достоверного её контроля и воздействия КГ в *едином* объеме.
4. Работоспособность системы вне зависимости от её географического расположения, а также от величины, направления и характера МА.

Литература

1. Мизун Ю.Г., Хаснулин В.И. Наше здоровье и магнитные бури. – М.: Знание, 1991. – 192с.
2. Прищепов С.К., Ямилева З.М. Система «комната магнитной тишины» // Сб. науч. тр. «Естественнонаучный и гуманизм». – 2004. – Т. 1, №2. – С. 104.
3. Г.Г. Гурули. Устройство для стабилизации геомагнитного поля в рабочем объеме // А.с. СССР № 913290. 1982. Бюл. №10.
4. Прищепов С.К. и др. Устройство стабилизации геомагнитного поля в рабочем объеме // Патент РФ № 2274870. 2006. Бюл. №11.

Горячев М.Г.

Доцент, кандидат технических наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛЁСНОЙ НАГРУЗКИ И ШИРИНЫ БЕГОВОЙ ДОРОЖКИ ШИНЫ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Аннотация

Расчёт дорожной одежды на суммарное воздействие внешних сил традиционно выполняют через модель её нагружения квазижестким штампом кругового очертания, который имитирует колесо движущегося автомобиля, нагруженного расчётной массой. В то же время реальный контур отпечатка имеет эллиптическое очертание и его параметры зависят от ряда факторов. В статье предпринята попытка установить взаимосвязь между величиной осевой нагрузки различных типов автотранспортных средств с шириной беговой дорожки шины для дальнейшего более точного определения времени приложения нагрузки.

Ключевые слова: дорожная одежда, длительность нагружения, осевая нагрузка, отпечаток колеса, ширина беговой дорожки шины.

Goryachev M.G.

Ph.D. in technical sciences, associate professor,
Moscow state automobile and road technical university

INVESTIGATION OF INTERACTION BETWEEN WHEEL LOAD AND TIRE TREAD WIDTH OF CARGO VEHICLES TO ASSESS THE PERFORMANCE OF PAVEMENT

Abstract

The road pavement calculation on the total effect of the external forces is traditionally performed through the quasi-rigid stamped model. The stamp has a circular shape and simulates the wheel of a moving car, loaded with the estimated mass. At the same time the real circuit imprint has an elliptical shape and its parameters depend on a number of factors. The attempt to establish the relationship between the value of the axial load of various types of vehicles and the tire tread width for the further and more exact definition of the time of load application is made in the paper.

Keywords: pavement, duration of loading, axle loading, a wheel imprint, tire tread width.

При проектировании и расчёте дорожных одежд исходят из требований обеспечить их работоспособность по суммарному размеру приведённого к расчётной нагрузке движения. Каждое фактическое приложение транспортной нагрузки характеризуется временем воздействия. В настоящее время эту продолжительность предполагается назначать одинаковой для любых проектных случаев и равной 0,1 с [1]. Таким образом, суммарный размер движения подразумевает некоторое суммарное время нагружения, т.е. обеспечение работоспособности дорожной одежды по суммарному времени нагружения за срок службы.

Однако в официальных действующих методиках расчёта время нагружения в явном виде отсутствует [2, 3]. Хотя очевидно, что при различных расчётных диаметрах отпечатка колеса разных расчётных нагрузок при прочих равных условиях время контакта шины с покрытием неодинаковое. Кроме того, поскольку значения прочностных и деформационных характеристик материалов и грунтов дорожной одежды должны соответствовать продолжительности действия расчётной нагрузки [1], то уточнение их значений [2, 3], возможно только на основании правильно установленного времени циклического нагружения.

В конструкциях грузовой автомобильной и прицепной техники можно проследить очевидную тенденцию увеличения суммарной ширины профиля шины на колёсах наиболее нагруженных осей с повышением максимальной нагрузки. Обобщение интересующих технических характеристик представительного модельного ряда большинства ведущих производителей грузовых машин позволило выявить следующие закономерности:

- вошедшие в статистический обзор производители грузовой техники (свыше 40 компаний) [4, 5] демонстрируют стремление отдавать предпочтение спаренным конструкциям колёс (76% против 24% для одинарных колёс); данное обстоятельство свидетельствует о доминирующей форме площадки нагружения – развёрнутый малой осью в продольном направлении эллипс; причём автомобильная техника в исполнении фирм дальнего зарубежья практически не проектируется с односкатной ошиновкой наиболее нагруженных осей;
- независимо от региона производства модельного ряда теснота связи между шириной профиля односкатной ошиновки и осевой нагрузкой выражена слабее, нежели для двускатных колёс: коэффициенты корреляции Пирсона для различных вариантов массивов выборки составили всего $R=0,329\dots0,438$ (рис. 1, 2, 3); такая корреляция интерпретируется по шкале Чеддока как умеренная или слабая;
- весьма высокая (очень сильная) по шкале Чеддока линейная корреляция прослеживается для зарубежной прицепной техники с двускатной ошиновкой $R=0,920$ (рис. 4); объединяя с большим массивом прицепной техники стран СНГ, линейный коэффициент корреляции уже только $R=0,613$ (рис. 5);
- промышленный комплекс стран СНГ несколько менее однороден в отношении изучаемых взаимосвязей конструктивных характеристик для двускатных колёс, заметная (средняя) устойчивость прослеживается с $R=0,583\dots0,60$ (рис. 6, 7, 8).

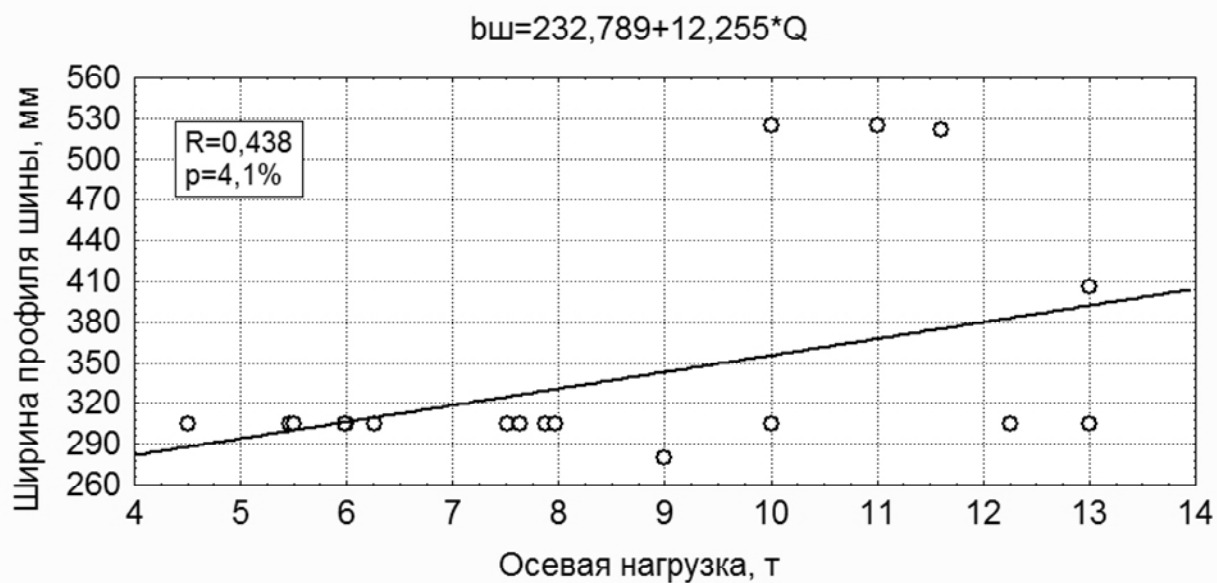


Рис. 1. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для односкатной ошиновки производителей автомобильной техники из России, Беларуси и Украины

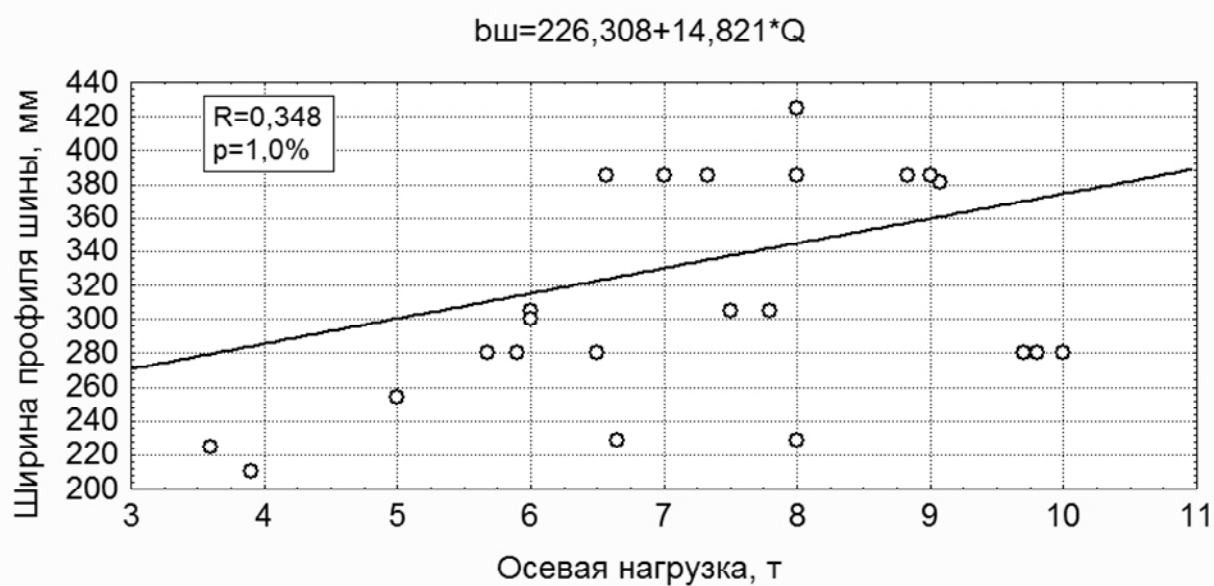


Рис. 2. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для односкатной ошиновки производителей прицепной техники из России, Беларуси и Украины

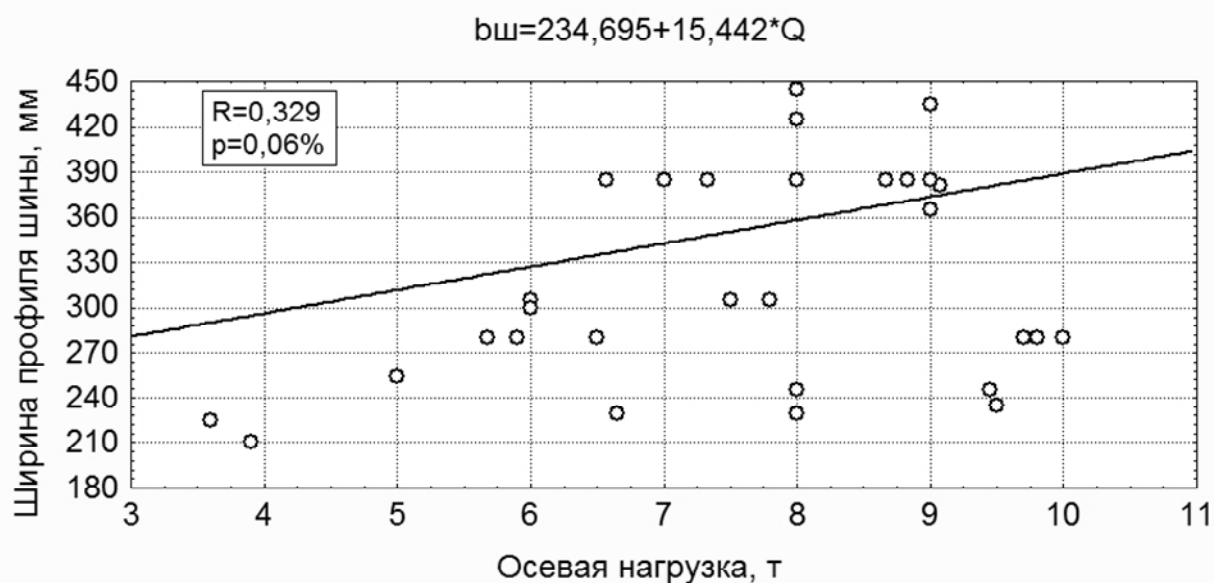


Рис. 3. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для односкатной ошиновки производителей прицепной техники из Европы и СНГ

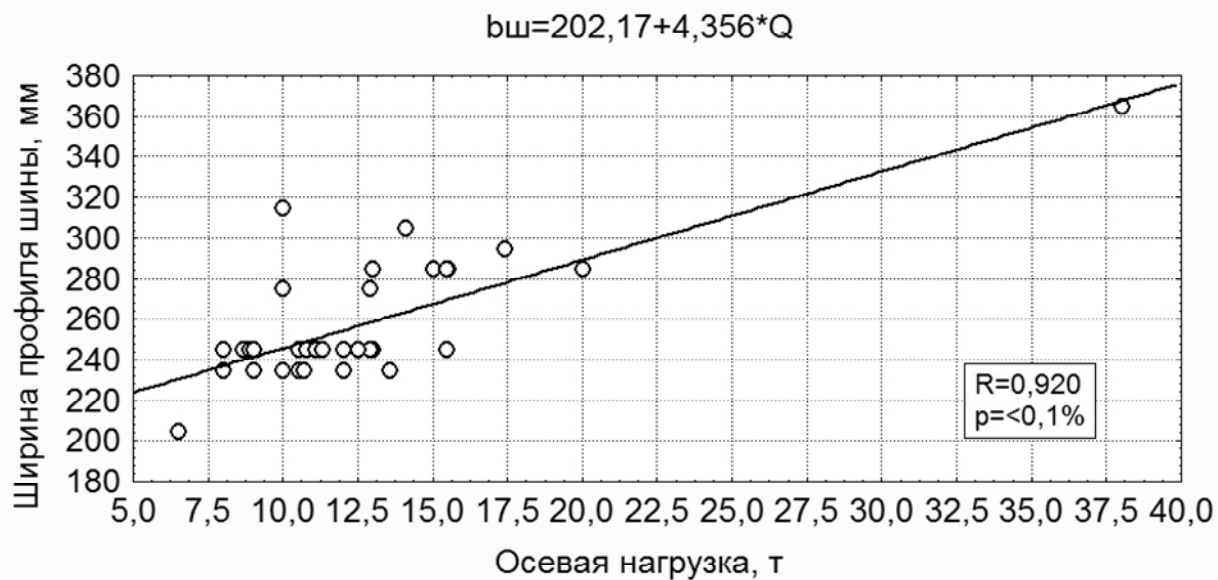


Рис. 4. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двускатной ошиновки производителей прицепной техники из Европы

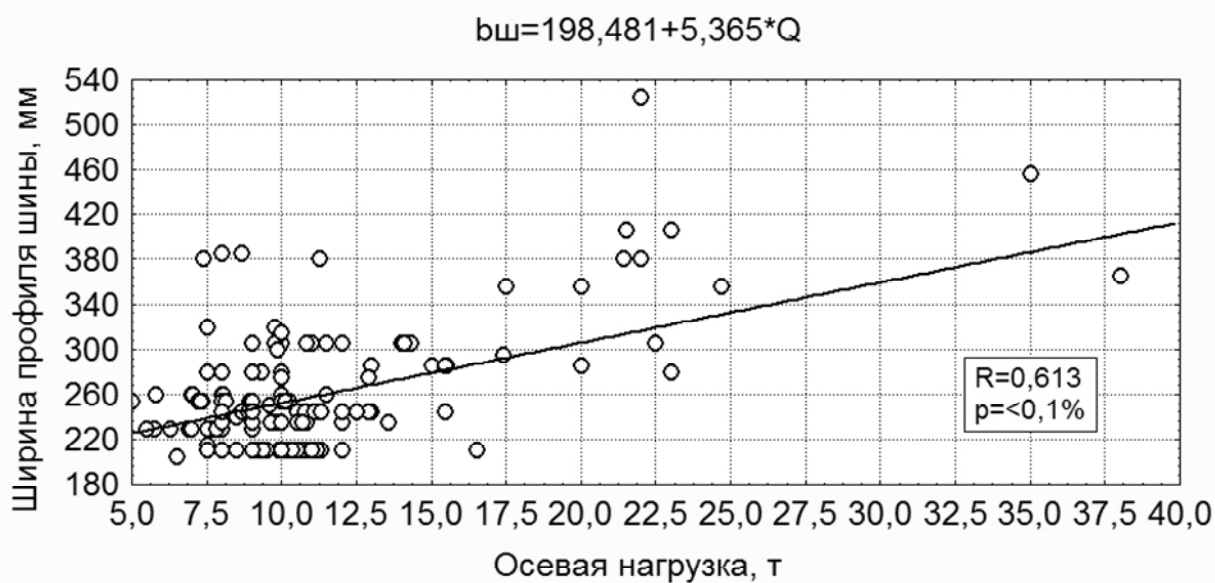


Рис. 5. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двускатной ошиновки производителей прицепной техники из Европы и СНГ

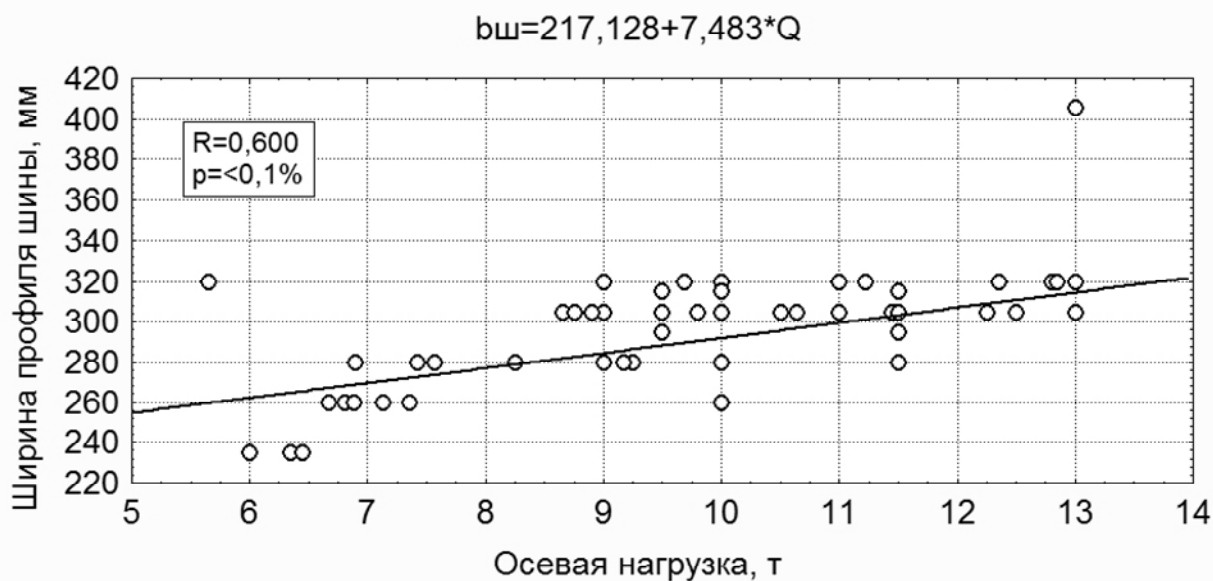


Рис. 6. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двускатной ошиновки производителей автомобильной техники из России, Беларуси, Украины

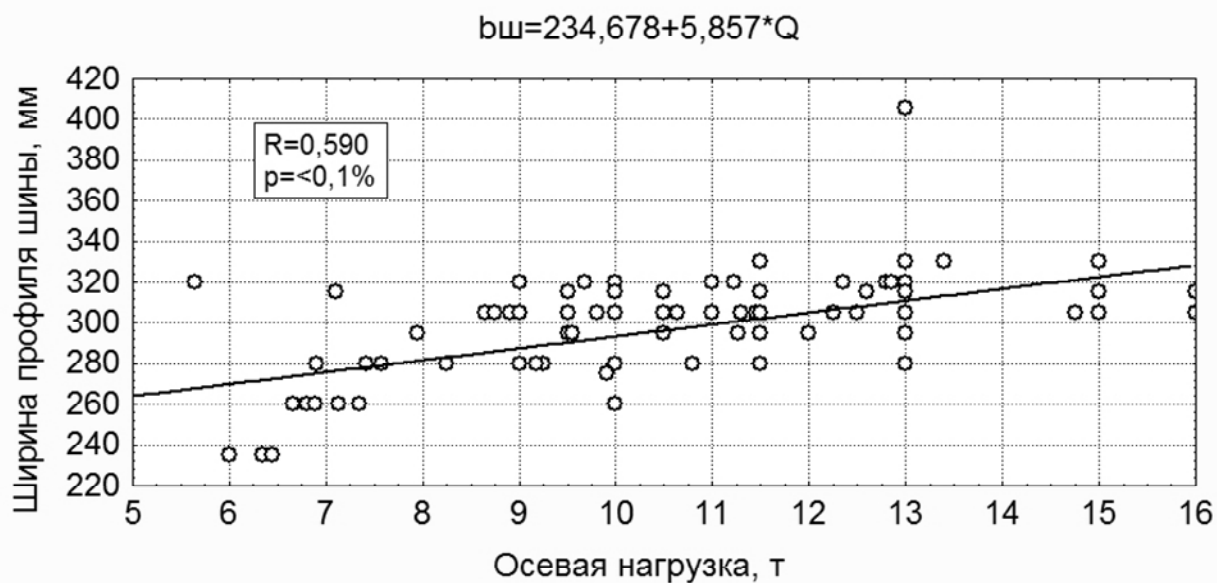


Рис. 7. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двускатной ошиновки производителей автомобильной техники из Европы и СНГ

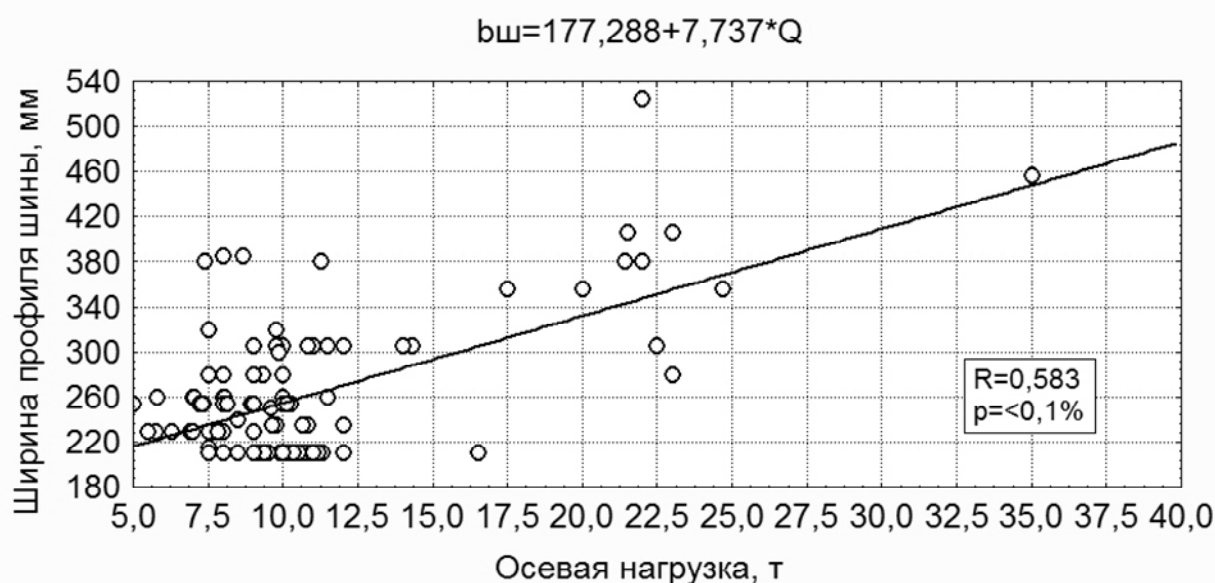


Рис. 8. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двускатной ошиновки производителей прицепной техники из России, Беларуси, Украины

Наилучшее описание зависимости исследуемых характеристик достигается линейными уравнениями первого порядка вида $b_{\text{ш}} = d \cdot Q + c$. Поскольку в ряде случаев коэффициенты корреляции показали невысокие значения, а выборки велики (не менее чем в 10 раз превышают количество факторов оценки равное 2) для анализа их значимости использован приём сравнения с критическими значениями при заданной ошибке 5% или уровне надёжности 0,95. Все прямые (ненулевые) взаимосвязи удовлетворяют критерию на неслучайный характер.

Использование большегрузных автопоездов с осевыми нагрузками свыше 20 т конструктивно предполагает размещение на одной оси нескольких пар колёс; обычно таких пар четыре. Результат обработки небольшой выборки зарубежной прицепной техники с четырьмя двускатными колёсами представлен на рис 9. Критический коэффициент корреляции $R_{\text{кр}} = 0,888$.

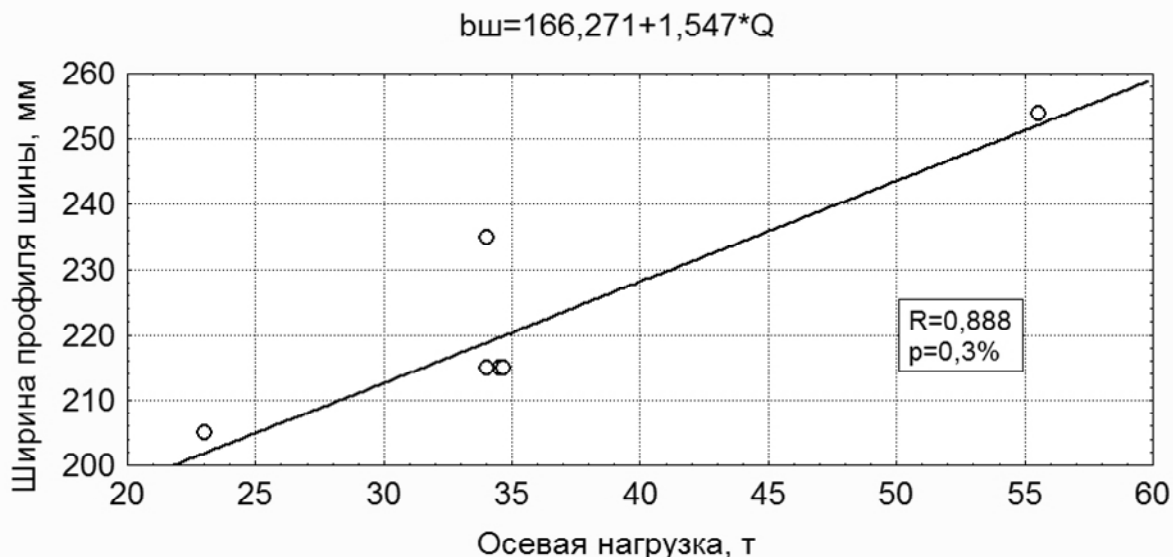


Рис. 9. Характер зависимости осевой нагрузки и ширины профиля шины для двух осевых пар двускатной ошиновки производителей прицепной техники из Европы

Достигнутые результаты могут явиться одной из предпосылок для совершенствования методики проектирования дорожных одежд и возможности оценки её работоспособности, в том числе по критерию интегральной длительности воздействия колёсной нагрузки.

Литература

1. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56с.
2. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01 / М-во трансп. РФ. Гос. служба дорож. х-ва России (Росавтодор). – М.; 2001. – 145с.
3. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91) / М-во трансп. РФ. Гос. служба дорож. х-ва (Росавтодор). – М., 2004 – 135с.
4. Современные грузовые автотранспортные средства: справочник / В.В. Пойченко и др. – М.: «Агентство Доринформсервис», 2004. – 592с.
5. Современные грузовые автотранспортные средства: справочник / В.В. Пойченко и др. – М.: «Агентство Доринформсервис», 1997. – 554с

Гридин С.М.

Студент, кафедра внутривзаводского электрооборудования и автоматики, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Армавирский механико-технологический институт
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКОЙ

Аннотация

В статье рассмотрено - внедрение системы автоматизированного управления экструдером для улучшения качества выпускаемой продукции, упрощения процессов управления экструдером, привлечение предпринимателей, обеспечение на этой основе экономического развития предприятия.

Ключевые слова: автоматизация, экструдер, промышленность.

Gridin S.M.

Student, Department of intra-plant electrical equipment and automation, Federal state educational institution of the Kuban state technological University», Armavir mechanical-technological Institute
AUTOMATED CONTROL OF EXTRUSION EQUIPMENTS

Abstract

In the article discussed - implementation of automated control system extruder for improvement of products quality, ease of management extruder, attracting entrepreneurs, on the economic development of the enterprise.

Keywords: automation, extruder, industry.

В экструзионной промышленности все явственнее наблюдается тенденция к объединению различных контролирующих устройств под управлением одного общего устройства, осуществляющего полный контроль и управление всеми механизмами экструзионной линии. Следует отметить, что может быть реализовано множество ступеней контроля экструдера, находящихся в иерархической зависимости. Наиболее распространены устройства, объединяющие контроль температурного режима в различных зонах. Чаще всего в задачу таких систем входит поддержание заданных параметров расплава путём управлением нагревом первых двух или трёх зон, которые наиболее близки к зоне, где происходит плавление полимера. Изменение температуры в таких зонах осуществляется автоматически каскадной системой контроля. Однако таким образом можно осуществлять регулировку с довольно низкой скоростью, поскольку отклик зон рабочего объема на изменении температурных параметров происходит очень медленно. Также часто встречаются системы контроля давления, действие которых основано на плавном изменении скорости вращения шнека, чтобы поддержать постоянное давление расплава полимера.

Новейшие типы экструдеров часто оборудованы микропроцессорной системой, позволяющей осуществлять одновременный контроль и управление температурой и давлением расплава, а также толщиной и шириной экструдата и другими параметрами экструзии. Некоторые системы контроля могут быть объединены в систему общего управления производством. Например, они позволяют, кроме контроля экструдера, осуществлять также контроль систем, подготавливающих материал для загрузки в экструдер, параллельным экструдером при соэкструзии, приводом и температурой зубчатого насоса, системой контроля прочности и обреза края экструдата и многими другими параметрами.

При анализе литературы [1,4,6] становится понятно, что истинно полный контроль экструзионным процессом на практике не достигается. Для того чтобы системы можно было назвать системой истинно полного контроля, она должна осуществлять контроль следующим образом: контролируемый процесс должен рассматриваться как система из многих переменных, взаимосвязь которых полностью известна и учитывается в системе контроля. Однако большинство микропроцессорных систем контроля, управляющих параметрами расплава полимера экструдата, более напоминают набор несвязанных обратных связей, каждая из которых регулирует

только один параметр. Таким образом, подобное устройство является простым объединением нескольких регуляторов в одном корпусе без изменения их сути. Такие регуляторы могут обеспечить меньшую цену, но не обеспечивают улучшения адекватности контролируемой схемы.

Наиболее важными параметрами процесса экструзии являются давление и температура. Они наиболее точно показывают, насколько правильно функционирует экструдер. Именно датчики давления и температуры первыми откликаются на изменения в ходе процесса.

Контроль давления расплава важен по двум основным причинам: контроль и наблюдение за технологическим процессом, а также с точки зрения техники безопасности. Давление в экструзионной головке определяет характеристики экструдата. Именно это давление необходимо для преодоления сопротивления, создаваемого потоку фильерой. Если входное давление непостоянно во времени, то также непостоянными окажутся геометрические размеры экструдата. Таким образом, следя за изменением давления, мы можем точно установить, является ли экструзионный процесс стабильным или нет.

Необходимость контроля давления также диктуется соображениями безопасности на производстве в целях предотвращения несчастных случаев от взрыва при возникновении избыточного давления. При развитии избыточного давления возможны разрыв цилиндра экструдера или головки. Оба явления очень опасны и ни в коем случае не следует допускать их возникновения. На всех экструдерах должны быть установлены устройства защиты от избыточного давления, такие как разрушающийся диск или срезной штифт на хомуте, удерживающем головку. Но даже при наличии подобных устройств экструдер следует оборудовать хотя бы одним датчиком давления, что позволит с большей вероятностью избежать критической ситуации, особенно в случае неисправности устройств защиты от избыточного давления. Давление может подниматься очень быстро, без каких-либо симптомов и вызвать катастрофические последствия.

Удачным решением является использование автоматического выключателя экструдера при достижении критического уровня давления. При измерении давления необходимо знать его средний уровень, но также важно, а в некоторых случаях и необходимо, фиксировать колебания давления во времени, поскольку обычно изменение размеров экструдата четко коррелирует с изменением давления. Обычно перепады давления имеют период менее секунды, поэтому следует использовать достаточно быстродействующие датчики. Давление в экструзионной установке считают около 390–400 бар.

В данной экструзионной установке мы используем датчик избыточного давления DMK331PBD Sensors, его избыточное давление является 0...400 бар, максимальная температура является около 150 °С, что соответствует нашему проекту.

Контроль температуры проводится в различных частях экструдера: по всей длине цилиндра, в расплаве полимера. Выбор метода измерения температуры зависит от положения и целей измерения. Для контроля температуры применяются датчики температуры-термопары, обычно используются ТХА, либо ТПЛ. В зонах поддерживалась температура примерно 145–150 °С. Они подключены к устройствам автоматического регулирования температуры, в данном случае к ПЛК Delta.

Давление и температура – наиболее важные параметры экструзионного процесса, однако нельзя игнорировать измерения некоторых других параметров:

1. Частоты вращения шнека;
2. Толщины экструдата;
3. Качества поверхности экструдата.

Для измерения частоты вращения шнека предлагается использовать датчик Холла. На шкив двигателя крепим постоянный магнит, напротив магнита помещаем датчик Холла, выход датчика Холла подключаем к входу ПЛК Delta. Возникающий сигнал в датчике при попадании его в магнитное поле постоянного магнита считаем и записываем переменные в регистры контроллера. Затем из записанного фрагмента выбираем промежуток в одну секунду и подсчитываем количество импульсов, после чего умножаем на 60 и получаем количество оборотов двигателя в минуту. Все подсчеты мы продельваем с помощью программы в контроллере. Применяется промышленный датчик Холла серии A5S.

Сигнал датчика можно подсчитать с помощью программы на контроллере, за счет полного оборота шкива двигателя можно посчитать угловую скорость и вывести график на панель HMISamkoop.

Для измерения толщины экструдата используется оптический датчик LS-5.

Для измерения толщины экструдата у датчика имеется следующая особенность: перед фотоприемником 10 мм есть мертвая зона, на которой он не измеряет. Датчик измеряет на 20 мм. То есть, регулируется токовый сигнал 4–20 мА, в зависимости от положения проводника с экструдатом. Этот сигнал проходит через контроллер, т.е. образуется переменная, которая отображается на панели HMI. Чем меньше мм, тем медленнее работает привод подачи, тем больше наносится экструдат на проводник. В обратном случае наоборот.

Для оптического датчика используется специальная программа, позволяющая иллюстрировать график толщины провода.

Для измерения необходимого качества поверхности экструдата потребуются приобрести несколько оптических датчиков LS-5. И расположить их последовательно сверху и снизу (рис. 1).

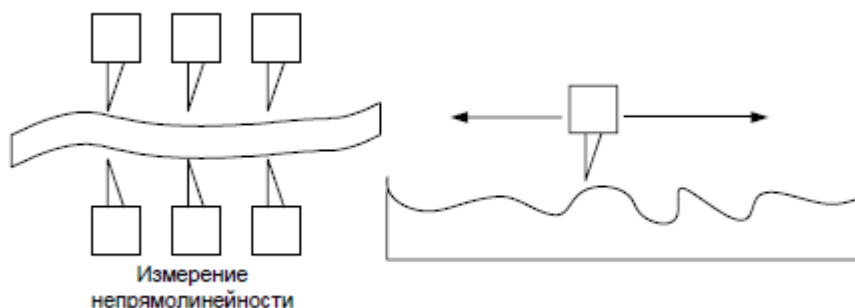


Рис.1 – Качество поверхности экструдата

Для измерения длины провода используется инкрементальный энкодер. За количество импульсов можно посчитать метраж провода. Сначала считается сколько по расстоянию будет полный оборот энкодера, то есть, чему будет равен 1 импульс. Затем все подсчитывается и эти переменные заносятся в ПЛК Delta, затем выводятся на экран HMISamkoop. В нашем случае используется энкодер ES3-01CN6941.

Автоматизация экструдера заключается в следующем: в автоматическом регулировании физических величин, таких как давление, температура, частота вращения шнека. Требуется удобная индикация этих величин, и удобное изменение параметров на панели HMISamkoop. Структурная схема изображена на рис. 2.

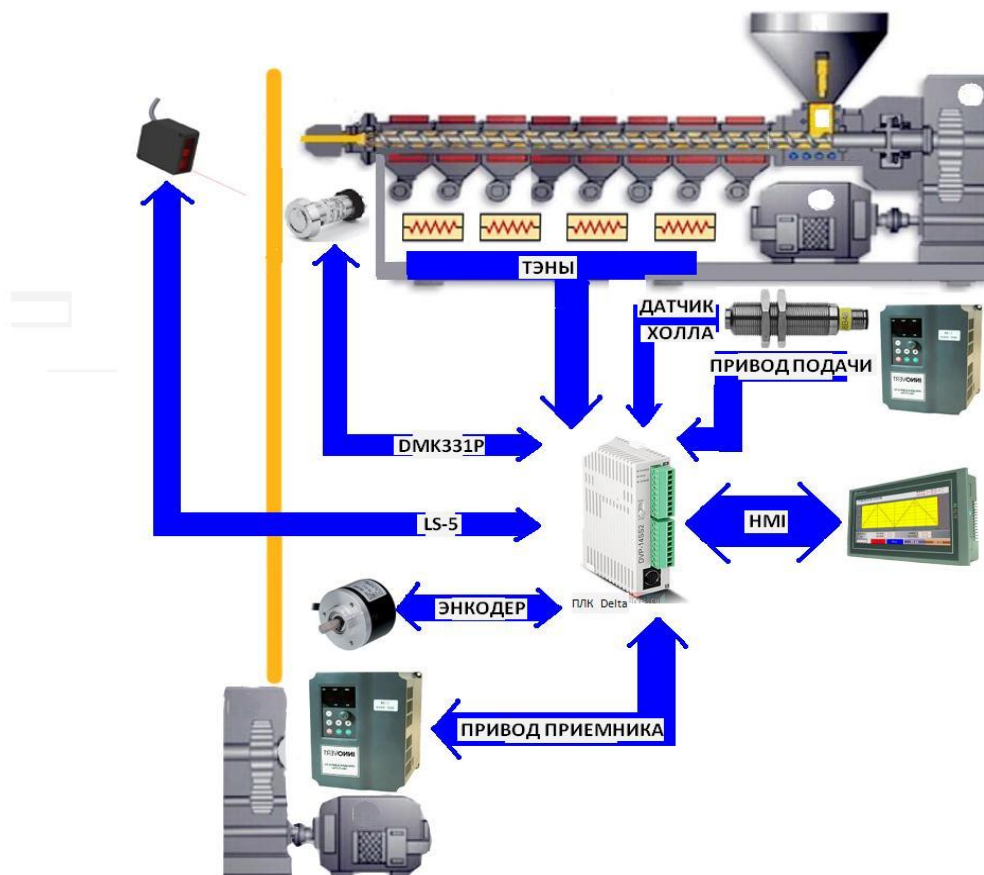


Рис.2 – Структурная схема управления экструдером

Наряду с регулированием температуры (нагрев / охлаждение) отдельных зон и индикацией температуры расплава со всеми функциями контроля (блокировка запуска, управление шнеками, поле допусков, превышение температуры (например, отключение охлаждения)) осуществляется контроль соответствующих токов нагрева. Также измеряется и контролируется давление расплава. Предусмотрена автоматическая калибровка датчика давления расплава DMK. Средства измерения других показателей периферийного оборудования могут соединяться с системой посредством имеющихся подключений. Таким образом, на экструдере можно оценить или настроить все «классические» сигналы.

В представленном здесь решении вся автоматизация осуществляется посредством компактного цветного дисплея и ПЛК монтируемых на DIN-рейке. Распределяя системы входов / выходов цифровых и аналоговых сигналов технологического процесса и оборудования. Программное обеспечение системы управления машиной, хода процесса и средств регулирования уже готово к эксплуатации и нуждается лишь в простой конфигурации на дисплее в соответствии с фактической ситуацией (количество зон, приводов и т.д.). В нашем случае мы используем программу SamDraw 3.0 для программирования панели HMISamkoon. После этого на экране будут отображаться только необходимые рабочие параметры. То есть мы программируем в SamDraw количество физических переменных, которые будут задаваться при управлении экструдером. Следовательно эту панель мы связываем с ПЛК Delta, то есть с теми переменными, которые записаны в регистры данного ПЛК и меняем каждый раз конфигурацию физических величин, которые нам необходимы. Затем ПЛК собирает данные с датчиков, которые дают ему очередной алгоритм поведения, и, следовательно появляется величина на панели HMI. Затем ПЛК управляет преобразователями частоты привода подачи и привода приемника.

На экструзионной установке используются два преобразователя частоты 1-фазный и 3-фазный. На основном приводе подачи установлен 3-фазный преобразователь частоты, на приводе приемника установлен 1-фазный преобразователь частоты.

Преобразователь частоты привода подачи служит для регулирования и поддержания давления в экструдере. Частотник установленный на приводе приемника служит для регулирования толщины экструдата, там используется отрицательная обратная связь.

Стоимость элементов, используемых при изготовлении, составляет 66866 руб.

Полученные в работе результаты использованы для модернизации экструзионной установки на предприятии ИП Лерман М.С., г. Армавир.

Литература

1. Вент Д.П., Магергут В.З. «Исследование и разработка адаптивных алгоритмов управления экструдером на базе микро-ЭВМ». Новомосковск, 1989. 40 с.
2. Николайчук Н.О. «Современная автоматизация»- М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 256 с.
3. Раувендааль «Основы экструзии» - Профессия, 2006 г, 280 с.
4. Стрелихеев А.А., Деревницкая В.А. «Основы химии высокомолекулярных соединений» - М.: Химия, 1976. 440 с.
5. Тагер А.А. «Физикохимия полимеров» - М.: Химия, 1978. 544 с.
6. Шелепов В.М., Гуменчук Л.М., Мусин Н.М. «Автоматизация контроля давления расплава при переработке полимерных композиций методом экструзии» // Пластические массы. № 4, 1993. С. 58-59.

В работе представлены результаты исследования влияния степени наполнения радиационно-защитных жидкостекловых материалов, отвержденных хлоридом бария, на среднюю плотность композиционного материала.

Ключевые слова: средняя плотность, жидкое стекло, хлорид бария, степень наполнения

Grishina A.N.¹, Korolev E.V.²

¹PhD in technical science; ² Doctor of technical science, professor, Moscow State University of Civil Engineering

**THE AVERAGE DENSITY OF FILLING COMPOSITIONS BASED ON WATER GLASS AND BARIUM CHLORIDE FOR
 PROTECTION RADIATION**

Abstract

This paper presents an results of study of the influence the number of filler on the average density in compositions based on water glass and barium chloride.

Keywords: average density, water glass, barium chloride, filling degree

Одними из важнейших характеристик радиационно-защитных материалов, позволяющих прогнозировать его эксплуатационные свойства, являются параметры состояния. Они позволяют прогнозировать защитные характеристики материала, а также стойкость в различных эксплуатационных средах. Для композитов от защиты от гамма-излучения одним из показателей, определяющих эффективность ослабления энергии излучения, является средняя плотность материала [1]. Кроме того, известно, что материалы с низкой средней плотностью и высокой пористостью обладают низкими значениями механических и эксплуатационных свойств, что ограничивает область их применения. Использование в составе жидкостеклового композита высокоплотного наполнителя позволяет увеличить среднюю плотность, уменьшает количество дефектов в структуре, что повышает прочностные характеристики материала. Эти показатели особенно важны для жидкостекловых дисперсно-наполненных материалов, отвержденных хлоридом бария, так как к изделиям и конструкциям, изготовленным на их основе, вследствие специфичности области применения – защита от ионизирующих излучений – предъявляются повышенные требования по плотности.

Известно, что увеличение количества наполнителя в материале приводит к повышению величины средней плотности материала. При этом средняя плотность композита с увеличением концентрации твердой фазы теоретически должна стремиться к плотности вводимого наполнителя. Однако при достижении определенной степени наполнения, вязющего становится недостаточно для смачивания всей поверхности наполнителя. Это приводит к недоуплотнению смеси при выбранных технологических параметрах и образованию пустот и пор [2]. Поэтому средняя плотность композиционных материалов, в том числе и жидкостекловых, имеет экстремальный характер (рисунок 1).

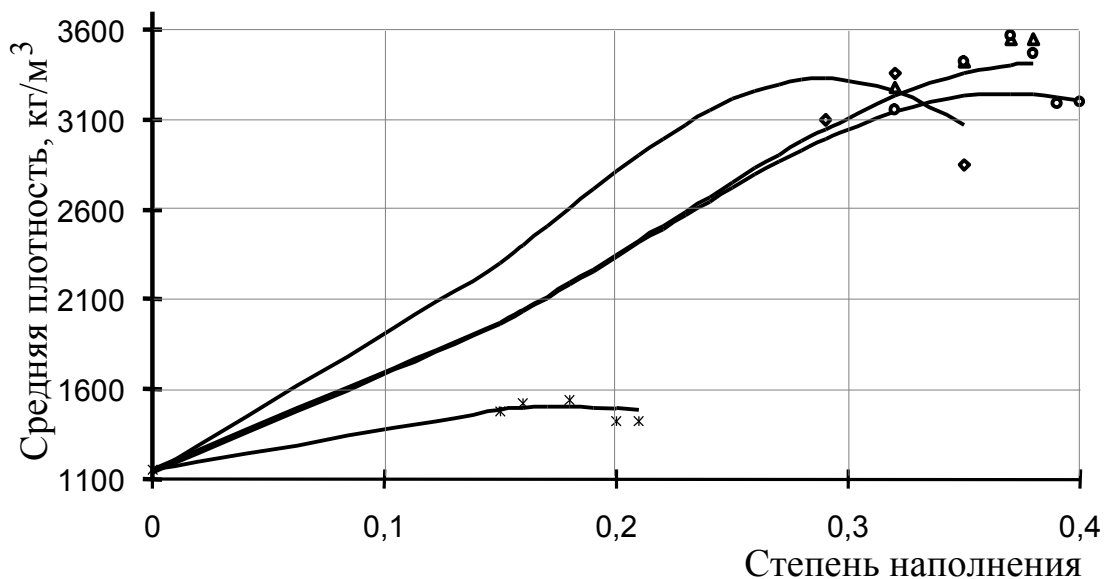


Рис.1 – Зависимость средней плотности жидкостекловых материалов, отвержденных хлоридом бария, от степени наполнения:

* – борат цинка; Δ – свинцовый сурик;

Δ – смесевой наполнитель на основе свинцового сурика¹ (совмещение компонентов перемешиванием (способ № 1));

□ – смесевой наполнитель на основе свинцового сурика (совмещение компонентов совместным помолотом (способ №2))

Таблица 1 – Состав смесового наполнителя

Компонент смесового наполнителя	Соотношение масс компонентов в смесовом наполнителе
Цинк	1948,5
Хром	10846
Медь	1
Марганец	125
Железо	11475
Ферроборовый шлак	4147
Борат цинка	555

¹Состав смесового наполнителя приведен в табл. 1.

Ангидрит	4476
Сурик свинцовый	$6,8 \cdot 10^8$

Анализ рисунка 1 показывает, что изменение средней плотности жидкостекольных материалов от степени наполнения описывается математической моделью:

$$\rho_m = \frac{1}{a + b v_f + c v_f^2}, \quad (1)$$

где v_f – объемная доля наполнителя; a , b и c – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения эмпирических коэффициентов $\rho_m = f(v_f)$

Наполнитель	Значения эмпирических коэффициентов		
	$a, 10^{-4}, \text{м}^3/\text{кг}$	$b, 10^{-3}, \text{м}^3/\text{кг}$	$c, 10^{-3}, \text{м}^3/\text{кг}$
Свинцовый сурик	8,8	–4,0	6,9
Борат цинка		–2,3	6,5
Смесевой наполнитель на основе свинцового сурика (совмещение компонентов по способу №1)		–3,1	3,9
Смесевой наполнитель на основе свинцового сурика (совмещение компонентов по способу №2)		–3,0	4,2

Вид модели $\rho_m = f(v_f)$ свидетельствует о доминирующем влиянии структурного процесса, то есть заполнения пустот сетки гидросиликатов бария [3, 4] частицами наполнителя.

Анализ таблицы 2 показывает, что значения коэффициента a не зависят от вида наполнителя и характеризуют среднюю плотность жидкостекольного вяжущего:

$$\rho_m(0) = \frac{1}{a} = \rho_w.$$

Расчетные значения средней плотности жидкостекольного вяжущего составляет $\rho_w = 1/a = 1136 \text{ кг/м}^3$, а экспериментальное – 1150 кг/м^3 , то есть ошибка 1,2 %. Значения коэффициента b зависят от вида наполнителя: с увеличением плотности материала наполнителя величина $|b|$ возрастает (рисунок 2).

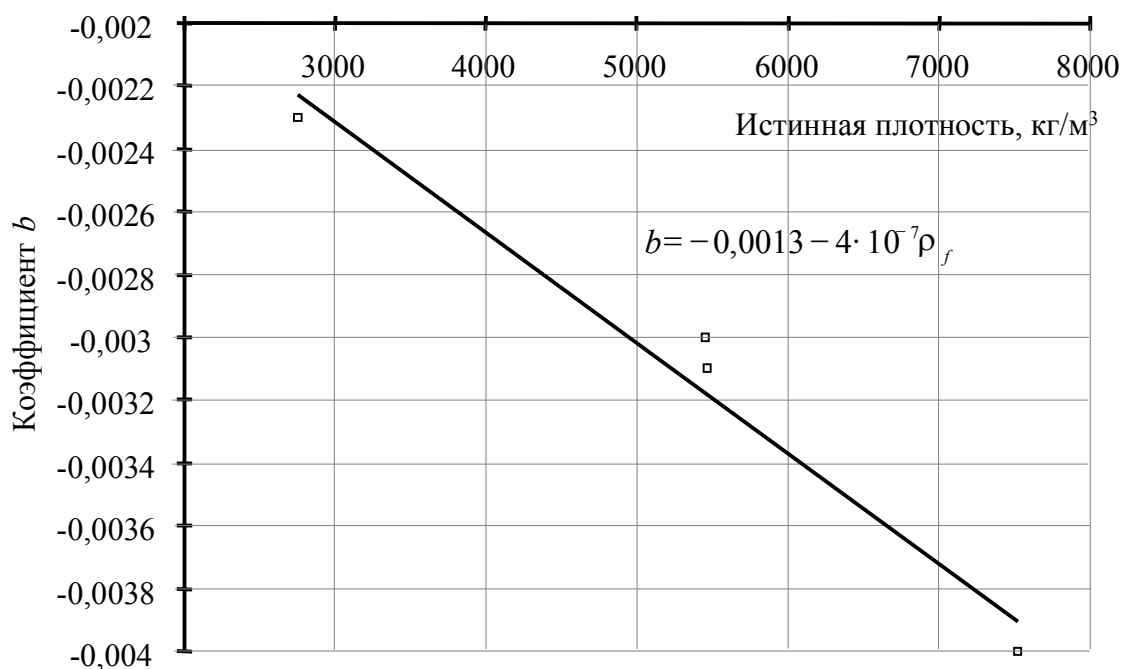


Рисунок 2 – Зависимость значения коэффициента b от плотности наполнителя

Снижение плотности материала происходит из-за воздухововлечения в процессе перемешивания и оценивается коэффициентом c ; высокие значения этого коэффициента указывают на повышенное воздухововлечение и недостаточную смачиваемость поверхности наполнителя жидким стеклом. Анализ таблицы 2 показывает, что максимальное значение коэффициента c характерно для свинцового сурика. Это объясняется плохой его смачиваемостью жидким стеклом вследствие наличия на поверхности слоя вещества группы алканов (парафин, стеарин или другие). Введение сульфанола позволяет улучшить смачиваемость поверхности сурика, поэтому значения коэффициента c снижаются на 39...43 %. При этом способ совмещения компонентов наполнителя не оказывает существенного влияния на его значения.

Таким образом, установлены закономерности влияния вида и количества наполнителя на среднюю плотность жидкостекольных композитов, отвержденных хлоридом бария. При прочих равных условиях (вид и дисперсность наполнителя) управление структурообразованием жидкостекольных композитов, отвержденных хлоридом бария, осуществляется улучшением смачиваемости поверхности наполнителя и применением интенсивных технологий совмещения компонентов.

Литература

1. Е.В. Королев, Ю.М. Баженов, А.И. Альбакасов Радиационно-защитные и химически стойкие серные строительные материалы – Пенза, Оренбург: ИПК ОГУ, 2010. – 364 с.

2. А.Н. Гришина, Е.В. Королев Средняя плотность наполненных жидкостеклольных композитов, отвержденных хлоридом бария // Материалы Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». – Москва, 2012 – С. 400-403.
3. Гришина А.Н., Королев Е.В. Структурообразование и свойства композиции «жидкое стекло-хлорид бария» для изготовления радиационно-защитных строительных материалов // Научный вестник Воронежского ГАСУ «Строительство и архитектура». 2009. № 4(16). С. 70-77.
4. Королев Е.В., Гришина А.Н. Модель структуры жидкостеклольных композиционных материалов специального назначения // Региональная архитектура и строительство. 2010. № 2. С. 14-19.

Джабоева А.С.¹, Шаова Л.Г.², Тукова А.Х.³, Байсиева Л.З.⁴

¹ Доктор технических наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова;

² Кандидат химических наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова;

³ Магистрант, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова; ⁴ Студент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОУСНОЙ ПАСТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯГОД ЕЖЕВИКИ

Аннотация

В статье приведены результаты исследования содержания питательных веществ в свежих ягодах ежевики кавказской, соке и отваре из мезги ягод ежевики. Установлена целесообразность использования ягод ежевики в производстве сладкой соусной пасты функционального назначения.

Ключевые слова: ежевика, соусная паста, химический состав.

Dzhaboeva A.S.¹, Shaova L.G.², Tukova A.H.³, Baysieva L.Z.⁴

¹ Doctor of technical Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian state agricultural University; ² Candidate of chemical Sciences, associate Professor, Kabardino-Balkarian state agricultural University; ³ Graduate, Kabardino-Balkarian state agricultural University;

⁴ Student, Kabardino-Balkarian state agricultural University.

DEFINITION OF SECURITY OF NUTRIENT SUBSTANCES IN THE MANUFACTURE OF PASTA SAUCES USING BLACKBERRIES

Abstract

The article presents the research of content of nutrients in fresh berries BlackBerry Caucasian, juice or broth from pulp blackberries. Reasonability of use of blackberries in the production of sweet sauces paste functionality.

Keywords: BlackBerry, pasta sauces, chemical composition.

В настоящее время на российском рынке большим спросом пользуются соусы и соусные пасты, находящие применение в ежедневном рационе питания населения. Особую группу составляют сладкие соусные пасты, для приготовления которых используются протертые и дробленые плоды и ягоды, а также плодовые и ягодные пюре, содержащие в своем составе комплекс биологически активных веществ – витаминов, биофлавоноидов, пищевых волокон, макро-, микроэлементов и др. Расширение ассортимента соусных паст повышенной пищевой ценности возможно за счет использования в качестве рецептурных компонентов нетрадиционных видов растительного сырья, в частности, дикорастущих ягод ежевики.

В связи с изложенным, проведено исследование по определению сохранности питательных веществ при производстве сладкой соусной пасты с использованием ягод ежевики кавказской (*Rubus caucasicus* Focke).

При приготовлении сладкой соусной пасты ягоды ежевики инспектировали, промывали, протирали и отжимали сок; мезгу заливали горячей водой и кипятили 5–8 минут, затем раствор процеживали. В отвар добавляли сахар-песок и вновь нагревали до кипения. Одновременно крахмал разводили охлажденным ягодным отваром. В горячий ягодный сироп добавляли крахмальную суспензию и, помешивая, вливали отжатый сок ежевики. Полученный раствор доводили до кипения, помещали в функциональные емкости и охлаждали в шкафах интенсивного охлаждения.

Соусная паста имеет однородную непрозрачную, упруго-пластичную консистенцию, малиновый с фиолетовым оттенком цвет, запах и вкус, свойственные ягодам ежевики.

Так как при производстве соусной пасты используют сок, полученный путем отжима ягод, и отвар из мезги, проведена сравнительная оценка пищевой ценности свежих ягод ежевики, сока и отвара из мезги (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в свежих ягодах ежевики, соке из ягод и отваре из мезги ягод ежевики (в пересчете на сухое вещество)

Показатель	Ягоды	Сок из ягод	Отвар из мезги
Углеводы, %:			
моносахариды	25,3±1,0	26,3±0,7	3,6±0,1
сахароза	0,69±0,01	0,64±0,02	–
пектин	1,12±0,02	1,01±0,03	0,86±0,02
протопектин	3,29±0,11	0,63±0,02	1,78±0,06
целлюлоза	14,6±0,6	0,12±0,01	4,5±0,2
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	407,6±17,3	241,7±10,4	99,0±4,5
Органические кислоты, % в пересчете на яблочную кислоту	11,5±0,5	12,1±0,5	3,3±0,1

Установлено, что основным углеводным компонентом ягод ежевики являются моносахариды, на долю которых приходится 56,2 % от суммы углеводов. Из пищевых волокон в наибольшем количестве содержится целлюлоза – 32,4 %, а в наименьшем – растворимый пектин – 2,5 % (от суммы углеводов).

В ягодах определено достаточно высокое содержание витамина С и органических кислот, способных оказывать на организм человека выраженное физиологическое воздействие [1,2,3].

В соке, полученном путем отжима ягод ежевики, массовая доля сахарозы снижается по сравнению с исходным количеством в свежих ягодах на 7,3 %, пектина – на 9,8 %, протопектина – на 80,9 %, целлюлозы – на 99,2 % и аскорбиновой кислоты – на 40,7 %, в то время как содержание моносахаридов и органических кислот увеличивается на 4,0 и 5,2 % соответственно.

В отваре из мезги протопектина и целлюлозы обнаружено больше, чем в соке в 2,8 и 37,5 раза, а моносахаридов, пектина, органических кислот и аскорбиновой кислоты – меньше в 7,3, 1,2, 3,7 и 2,4 раза соответственно.

Далее были проведены исследования по определению потерь питательных веществ в ходе технологического процесса приготовления соусной пасты с ягодами ежевики. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение содержания питательных веществ при производстве сладкой соусной пасты с использованием ягод ежевики (в пересчете на сухое вещество)

Показатель	Сок + отвар из мезги ягод ежевики	Соусная паста
Углеводы, %:		
моносахариды	29,9	5,4
пектин	1,87	0,30
протопектин	2,41	0,39
целлюлоза	4,6	3,4
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	340,7	94,5
Органические кислоты, % в пересчете на яблочную кислоту	15,4	2,5

Из приведенных в таблице данных, следует, что при производстве сладкой соусной пасты происходят значительные потери пищевых веществ. По сравнению с содержанием питательных веществ в соке из ягод ежевики и отваре из мезги в пасте моносахаридов обнаружено меньше в 5,5 раза, целлюлозы – в 1,4 раза, пектиновых веществ, органических кислот – в 6,2 раза, аскорбиновой кислоты – в 3,6 раза.

Несмотря на большие потери пищевых веществ при производстве соусной пасты в ней содержится достаточно высокое количество таких физиологически значимых компонентов как целлюлоза и аскорбиновая кислота. При потреблении 100 г разработанной пасты покрытие суточной потребности организма взрослого человека в витамине С составляет 105 %, а пищевых волокон – 20,5 %, что позволяет позиционировать ее как продукт функционального назначения.

Литература

1. Джабоева, А.С. Дикорастущие плоды и ягоды – источник витамина С / А.С. Джабоева, Р.М. Жилова, Л.Г. Шаова // Новые и редкие растения Северного Кавказа: сб. материалов I региональной конференции. – Владикавказ, 2004. – С. 124 – 125.
2. Нечаев, А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова; под ред. А.П.Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.
3. Цапалова, И.Э. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений / И.Э. Цапалова, М.Д. Губина, В.М. Позняковский – Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 2002. – 178 с.

Жуков А.И.

Кандидат технических наук, доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПАРКА АВТОБУСОВ ПО ВМЕСТИМОСТИ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Аннотация

В статье предложена методика оптимизации структуры парка автобусов по вместимости при их эксплуатации на городских маршрутах, а также представлены результаты апробации предложенной методики при оптимизации структуры автобусного парка Зеленоградской автоколонны.

Ключевые слова: оптимизация, структура автобусного парка, городские автобусные перевозки.

Zhukov A.I.

PhD in technics, associate professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

DEVELOPMENT AND APPROBATION OF THE TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF BUS FLEET STRUCTURE ON CAPACITY IN THE MEGACITY

Abstract

In article the technique of optimisation of bus fleet structure on capacity for a bus transportation is offered, and also results of approbation of the technique for optimisation of bus fleet structure of the Zelenograd motorcade are presented.

Keywords: optimization, bus fleet structure, bus transportation.

Эффективная и надежная работа пассажирского автомобильного транспорта (ПАТ) является важнейшим фактором социально-политической и экономической стабильности. ПАТ обеспечивает основную часть трудовых поездок населения, оказывая непосредственное влияние на эффективность функционирования предприятий, организаций, учреждений и всех отраслей экономики регионов и страны. Качество транспортного обслуживания населения мегаполиса является одним из основных факторов, определяющим его удобство для жителей. Заданного уровня качества транспортного обслуживания населения можно достичь только при использовании парка подвижного состава оптимального как с точки зрения перевозчиков, так и пассажиров и общества в целом.

Пассажировместимость является основной характеристикой подвижного состава пассажирского транспорта с эксплуатационной точки зрения. Косвенно от нее зависит как уровень качества, так и себестоимость перевозок пассажиров на городских маршрутах. Поэтому оптимизация автобусного парка по вместимости является актуальной задачей как для перевозчиков, так и для регулирующих органов власти.

По результатам исследований, результаты которых представлены в [статья ГПА], разработана методика оптимизации структуры парка автобусов по вместимости при их эксплуатации на городских маршрутах. Главной особенностью предлагаемой методики является последовательное решение нескольких взаимосвязанных задач.

На первом этапе для каждого из всей совокупности маршрутов определяется рациональный тип планировки салона автобусов. В условиях мегаполиса наблюдается большое разнообразие типов маршрутов, поэтому использование только городского типа планировки не всегда оправдано. Принципы комплексной типологии автобусных маршрутов и подвижного состава определены в [диссер]. Алгоритм решения данной задачи представлен на Рисунк 1.

По результатам решения первой задачи вся совокупность маршрутов, для которых оптимизируется парк подвижного состава, разбивается на кластеры по рациональному типу планировки салона.

Далее для каждого кластера отдельно решаются следующие две задачи: оптимальное распределение автобусов по маршрутам по критерию минимизации суммарных средних расчетных затрат времени на ожидание пассажирами автобусов и собственно

оптимизация парка подвижного состава автобусного транспорта по вместимости по критерию минимизации эксплуатационных затрат. Математические модели этих задач представлены в (1) и (2) соответственно.

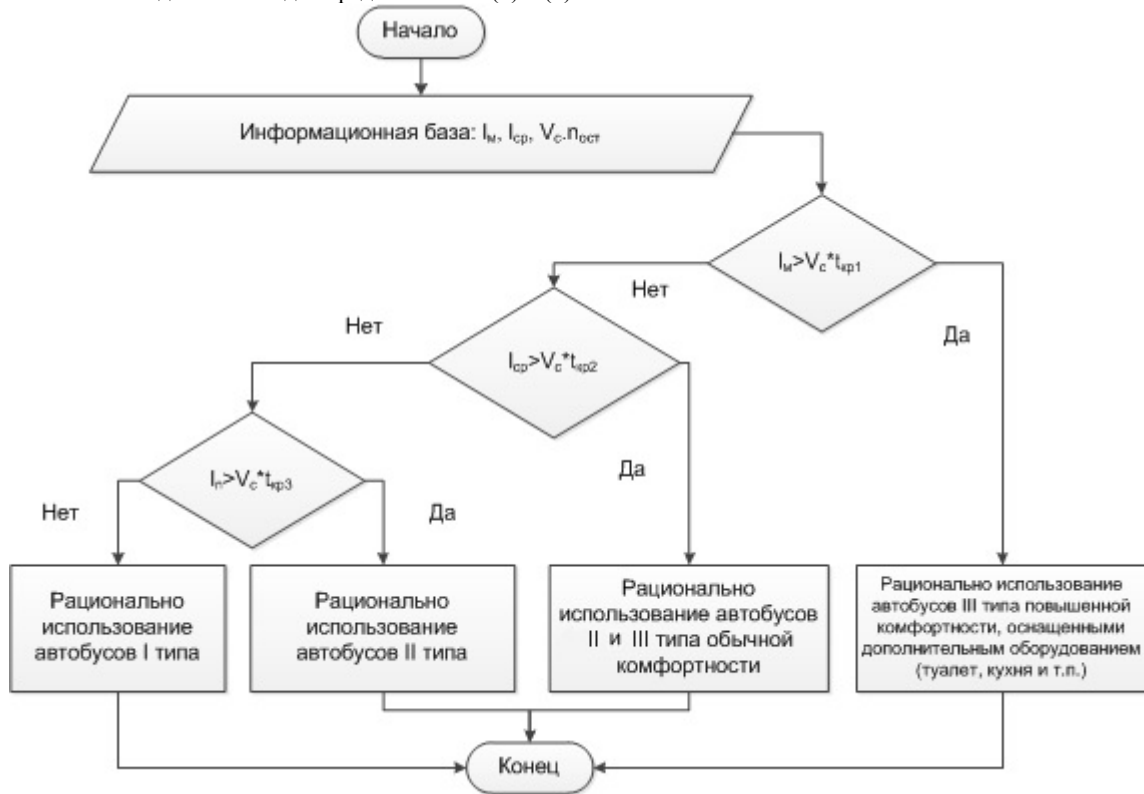


Рисунок 1. Алгоритм определения рационального для использования типа планировки салона автобуса.

$$F = \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{обi}}{2 \times \sum_{j=1}^n A_{ij}} \times Q_{чi} \right) \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m A_{ij} \leq A_j^{max} \\ \frac{Q_{maxi} \times t_{обi}}{\sum_{j=1}^n q_{нj} \times A_{ij}} \leq \gamma_i^{max} \\ I_i^{min} \leq \frac{60 \times t_{обi}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \leq I_i^{max} \\ A_{ij} \in \mathbb{Z} \\ A_{ij} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

где n – количество различных типов (классов, моделей) автобусов, имеющих на ПАТП (или на рынке).

l_{mi} – протяженность маршрута, км;

$Q_{чi}$ – часовой пассажиропоток, пасс/ч;

Q_{maxi} – пассажиронапряженность на маршруте, пасс/ч;

$t_{обi}$ – время оборота на маршруте, ч;

m – количество автобусных маршрутов, обслуживаемых ПАТП.

A_j^{max} – максимальное количество автобусов j-го типа (класса, модели), которое ПАТП может выпускать на линию ежедневно,

ед.;

γ_i^{max} – максимально допустимый коэффициент наполнения на i-м маршруте.

$I_i^{min(max)}$ – минимально (максимально) допустимый интервал движения на i-м маршруте, мин.

$$F = \sum_{i=1}^m (l_{mi} \times Z_i \times \sum_{j=1}^n C_j \times A_{ij}) \rightarrow \min \quad (2)$$

при условиях

$$\begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^m \frac{t_{обi}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \times Q_{чi}}{\sum_{i=1}^m Q_{чi}} \leq \bar{t}_{ож}^{max} \\ \frac{Q_{maxi} \times t_{обi}}{\sum_j q_{нj} \times A_{ij}} \leq \gamma_i^{max} \\ I_i^{min} \leq \frac{60 \times t_{обi}}{\sum_j A_{ij}} \leq I_i^{max} \\ A_{ij} \in \mathbb{Z} \\ A_{ij} \geq 0 \end{cases}$$

где Z_i – среднее количество оборотов, совершаемых на маршруте каждым автобусом за сутки, ед./сут.;

$\bar{t}_{ож}^{max}$

- среднее время ожидания пассажиров при оптимальном распределении имеющихся автобусов по маршрутам, обслуживаемым ПАТП (величина данного ограничения находится при решении первой задачи), мин/пасс.

$$\bar{t}_{ож}^{max} = \frac{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{обi}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \times Q_{чi} \right)}{\sum_{i=1}^m Q_{чi}} \quad (3)$$

По предлагаемой методике была произведена оптимизация парка подвижного состава Зеленоградской АК. Информация о технико-эксплуатационных показателях (ТЭП) маршрутов и исходном парке подвижного состава представлены в Таблица 1и Таблица 2.

Таблица 1. Исходные данные о маршрутной сети ПАТП, ТЭП маршрутов

Маршрут / ТЭП	$t_{об}$, ч	L_m , км	Z_i , об/сут	Q_{max} , пасс/ч	$Q_{ч}$, пасс/ч
1	1,28	20	7,8	422	1032
2	1,15	18	8,7	374	743
3	1,30	21	7,7	704	1512
4	0,43	7	23,2	180	368
5	0,43	7	23,5	290	422
6	0,78	13	12,8	55	106
7	1,48	24	6,8	141	396
8	0,71	11	14,0	367	461
9	0,86	14	11,6	372	813
10	1,07	17	9,4	306	995
11	1,11	18	9,0	585	1495
12	0,96	15	10,4	539	817
15	0,89	14	11,3	756	904
16	0,33	5	30,8	310	600
17	0,43	7	23,2	1236	1314
18	0,80	13	12,5	272	345
19	1,48	24	6,8	1112	1796
20	1,12	18	8,9	293	406
22	0,48	8	21,1	222	255
23	0,58	9	17,2	360	548

Таблица 2. Исходный парк подвижного состава (по маршрутам)

маршруты / класс	ОМВ ²	МВ	СВ	БВ	БВ2	ОБВ	Ам, ед.
1				8			8

² ОМВ – особо малая вместимость, МВ – малая вместимость, СВ – средняя вместимость, БВ – большая вместимость (габаритная длина 12 м), БВ2 – большая вместимость (габаритная длина 15 м), ОБВ – особо большая вместимость (сочлененные автобусы) [диссер.]

2				6			6
3				9			9
4			2	1			3
5				4			4
6			1	1			2
7				4			4
8				4			4
9				6			6
10			4	3			7
11				9			9
12				8			8
15				2	2	5	9
16				4			4
17				10			10
18				3			3
19				4	3	11	18
20			2	2			4
22				3			3
23				4			4
Ам, ед.	0	0	9	95	5	16	125

По результатам определения рационального типа планировки салона установлено, что на всех маршрутах необходимо использовать автобусы городского типа планировки. Это объясняется компактными размерами города и относительно высоким пассажиропотоком на всех маршрутах.

По результатам перераспределения автобусов по маршрутам удалось снизить суммарные средние расчетные затраты времени на ожидание пассажирами автобусов в часы пик на 4,3%. Найденное распределение имеющегося парка автобусов по маршрутам представлено в Таблица 3.

Таблица 3. Найденное распределение имеющегося парка автобусов по маршрутам

маршруты / класс	ОМВ	МВ	СВ	БВ	БВ2	ОБВ	Ам, ед.
1	0	0	0	8	0	0	8
2	0	0	0	6	0	0	6
3	0	0	0	9	2	0	11
4	0	0	2	1	0	0	3
5	0	0	0	3	0	0	3
6	0	0	1	1	0	0	2
7	0	0	0	5	1	0	6
8	0	0	0	4	0	0	4
9	0	0	0	6	0	0	6
10	0	0	2	6	0	0	8
11	0	0	0	10	0	0	10
12	0	0	0	7	0	0	7
15	0	0	0	5	2	1	8
16	0	0	0	3	0	0	3
17	0	0	0	6	0	1	7
18	0	0	0	4	0	0	4
19	0	0	0	0	0	14	14
20	0	0	4	2	0	0	6
22	0	0	0	3	0	0	3
23	0	0	0	6	0	0	6
Ам, ед.	0	0	9	95	5	16	125

По результатам перераспределения автобусов по маршрутам получена величина суммарных средних расчетных затрат времени на ожидание пассажирами автобусов в часы пик - 1010,6 ч. Эта величина будет являться ограничением при решении

завершающей задачи (собственно оптимизации парка подвижного состава по вместимости), так как качество перевозок пассажиров не должно ухудшиться.

По результатам оптимизации структуры парка подвижного состава Зеленоградской АК по вместимости удалось снизить эксплуатационные расходы более чем на 5%, при этом суммарные средние расчетные затраты времени на ожидание пассажирами автобусов в часы пик снизились по сравнению с оптимальным распределением почти на 1%, а по сравнению с исходным – на 5,2%. Найденная структура парка автобусов Зеленоградской АК представлена в Таблица 4.

Таблица 4. Найденная структура парка автобусов Зеленоградской АК

маршруты / класс	ОМВ	МВ	СВ	БВ	БВ2	ОБВ	Ам, ед.
1	0	0	3	5	0	0	8
2	0	0	4	4	0	0	8
3	0	0	0	12	0	0	12
4	0	0	2	0	0	0	2
5	0	2	1	0	0	0	3
6	4	0	0	0	0	0	4
7	0	6	0	0	0	0	6
8	0	0	5	0	0	0	5
9	0	0	6	0	0	0	6
10	0	5	3	0	0	0	8
11	0	0	0	6	0	2	8
12	0	0	0	6	0	1	7
15	0	0	0	9	0	0	9
16	0	3	0	0	0	0	3
17	0	0	0	7	0	0	7
18	0	2	3	0	0	0	5
19	0	0	0	6	0	11	17
20	0	0	1	4	0	0	5
22	2	2	0	0	0	0	4
23	0	0	0	3	0	0	3
Ам, ед.	6	20	28	62	0	14	130

Из Таблица 4 видно, что снижение издержек и повышение качества перевозок, выраженное в снижении затрат времени на ожидание автобусов пассажирами, достигается за счет увеличения доли автобусов средней и малой вместимости и снижении доли автобусов большой и особо большой вместимостей.

Результаты проведенной апробации методики оптимизации структуры парка автобусов по вместимости подтверждают возможность ее использования перевозчиками и регулирующими органами власти для повышения эффективности использования подвижного состава и качества перевозок пассажиров в условиях мегаполиса.

Литература

1. Жуков, А.И. Разработка методики формирования парка подвижного состава автобусного предприятия: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / А.И. Жуков. – Москва, 2011. – 126 с.

2. Жуков, А.И. Применение табличного редактора при решении задач распределения автобусов по маршрутам и оптимизации структуры парка на пассажирском автотранспортном предприятии / А.И. Жуков // Грузовое и пассажирское автохозяйство, - 2013. – №8. - С 21 – 25.

Иванов М.Л.

Аспирант, Томский политехнический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА

Аннотация

Приведены результаты моделирования фильтров нижних и верхних частот в пакете Orcad. Рассмотрено влияние полосового фильтра Баттерворта четвертого порядка с нижней и верхней границей 0,05 Гц и 75 Гц соответственно на смесь синусоидальных сигналов с частотами 0,001 Гц, 5 Гц, 100 Гц в пакете Matlab.

Ключевые слова: фильтр, АЧХ, моделирование.

Ivanov M.L.

Postgraduate student, Tomsk Polytechnic University

SIMULATION OF BANDPASS FILTER

Abstract

Simulation results of low-pass filters and high frequencies are represented in the package Orcad. The effect of Butterworth bandpass filter of the fourth order with the lower and upper boundary of 0.05 Hz and 75 Hz, respectively, are investigated on a mix of sine waves with frequencies of 0,001 Hz, 5 Hz, 100 Hz in the package Matlab.

Keywords: filter, amplitude-frequency characteristics, simulation

В настоящее время в современной медицине используются различные средства для определения диагноза пациента. Одним из таких средств является электрокардиограф, при помощи которого производится регистрация электрических полей, образующихся при работе сердца. Снятие ЭКГ-сигнала происходит посредством электродов, прикрепленных к телу пациента, и дальнейшим записыванием его во внутренний носитель информации. Перед этапом сохранения сигнал проходит через электрические фильтры, встроенные в электрокардиограф. Они осуществляют фильтрацию шума, но также искажают и полезную информацию. Для

исследования влияния фильтров на ЭКГ-сигнал, необходимо неотфильтрованный сигнал пропустить через различные типы фильтров и провести анализ полученной кривой.

Фильтры могут быть классифицированы по ряду признаков:

- 1) по виду АЧХ они разделяются на: фильтры нижних частот (ФНЧ, рисунок 1,а); фильтры верхних частот (ФВЧ, рисунок 1,б); полосовые фильтры (ПФ, рисунок 1,в); режекторные (заграждающие) фильтры (РЖ, рисунок 1,г);
- 2) в зависимости от полиномов, используемых при аппроксимации передаточной функции, различают фильтры: критического затухания, Бесселя, Баттерворта, Чебышева;
- 3) по элементной базе фильтры разделяются на пассивные и активные фильтры. Активные фильтры включают в схему RLC -фильтра активный элемент, в качестве которого часто используются операционные усилители [1].

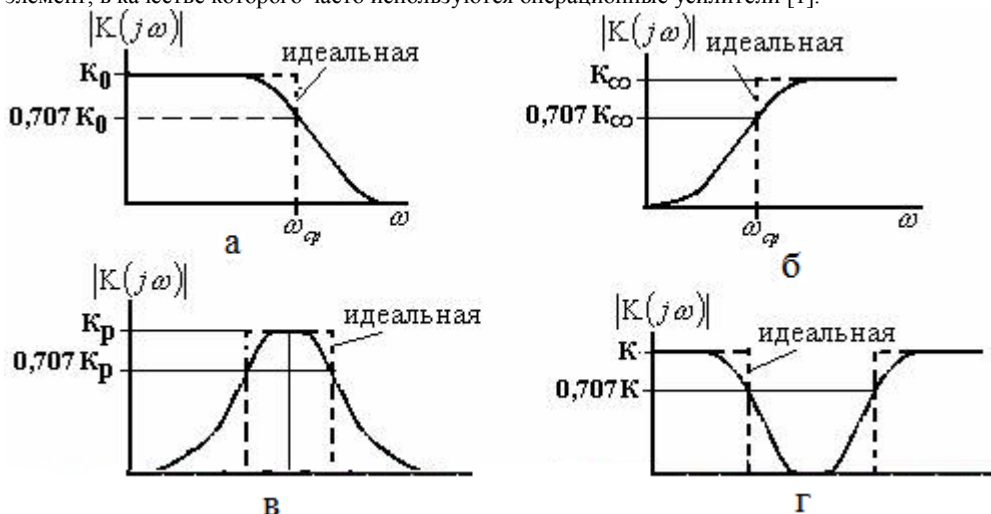


Рис. 1 – Амплитудно-частотные характеристики различных фильтров

Различные виды АЧХ ФНЧ представлены на рисунке 2.

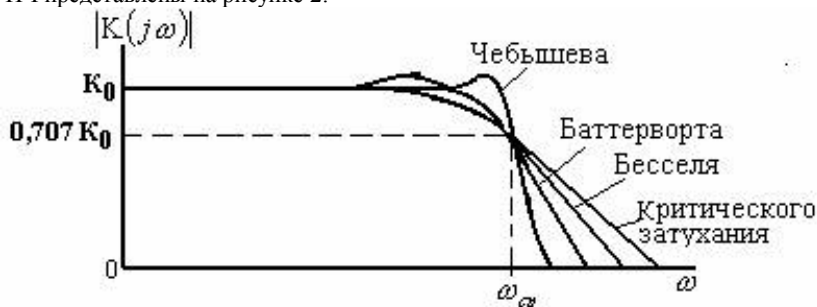


Рис. 2 – АЧХ различных фильтров нижних частот

АЧХ ФНЧ Баттерворта имеет довольно длинный горизонтальный участок и резко спадает за частотой среза. Переходная характеристика такого фильтра имеет колебательный характер. С увеличением порядка фильтра колебания усиливаются.

Характеристика фильтра Чебышева спадает более круто за частотой среза. В полосе пропускания она имеет волнообразный характер с постоянной амплитудой. Колебания переходного процесса сильнее, чем у фильтра Баттерворта.

Фильтр Бесселя характеризуется меньшей длиной горизонтального участка, чем фильтр Баттерворта, и более пологим спадом АЧХ за частотой среза, чем фильтры Баттерворта и Чебышева.

Моделирование фильтров с заданными параметрами заключается в исследовании электрической схемы и определении влияния RC -элементов на АЧХ. Активный фильтр представляет собой схему из RC -элементов и операционного усилителя (рисунок 3).

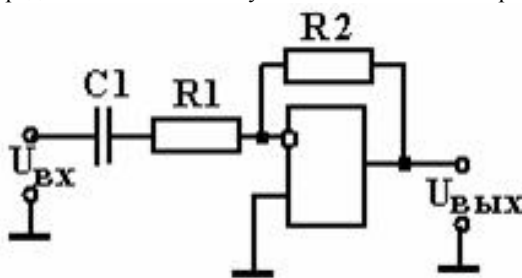


Рис. 3 – Пример схемы активного ФВЧ первого порядка

Так как фильтр, представленный выше, имеет первый порядок, то расчет RC -элементов не вызывает затруднений. В медицинской технике используются фильтры больших порядков, потому что АЧХ таких фильтров имеют лучшие характеристики. С повышением порядка фильтра расчет RC -элементов усложняется, поэтому целесообразно использовать программные пакеты, которые позволяют упростить процесс моделирования. Например, в программном пакете Orcad составляется электрическая схема из элементов, номиналы которых будут подбираться в процессе моделирования для получения требуемой характеристики фильтра.

Моделирование фильтров в Orcad производится по стандартным схемам, где реализация активного фильтра достигается за счет добавления в схему операционного усилителя. На рисунке 4 приведена схема активного фильтра высоких частот второго порядка с частотой среза 2 Гц, АЧХ данного фильтра представлена на рисунке 5. На этом рисунке видно плавную кривую с небольшим изменением коэффициента передачи, следовательно, амплитуда сигнала, проходящая через фильтр, будет искажаться незначительно в полосе пропускания.

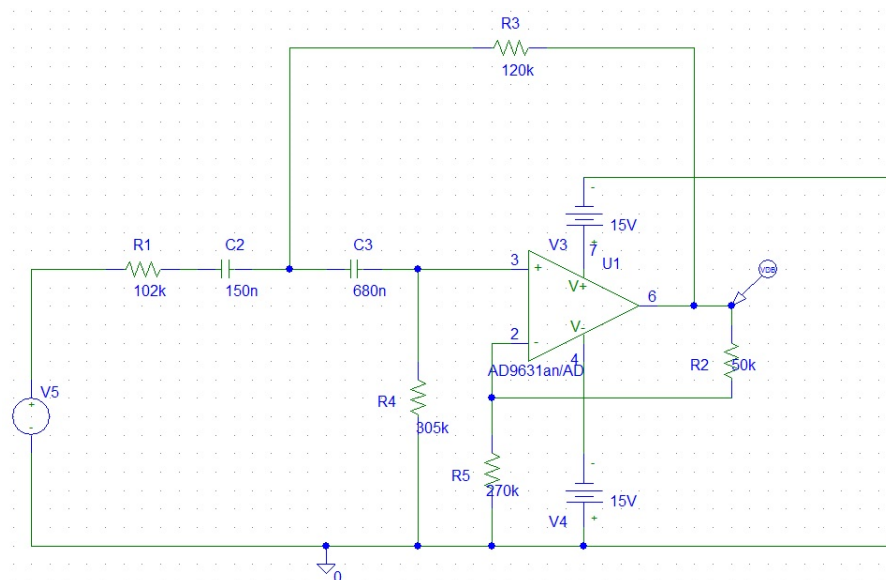


Рис. 4 – Схема активного ФВЧ второго порядка

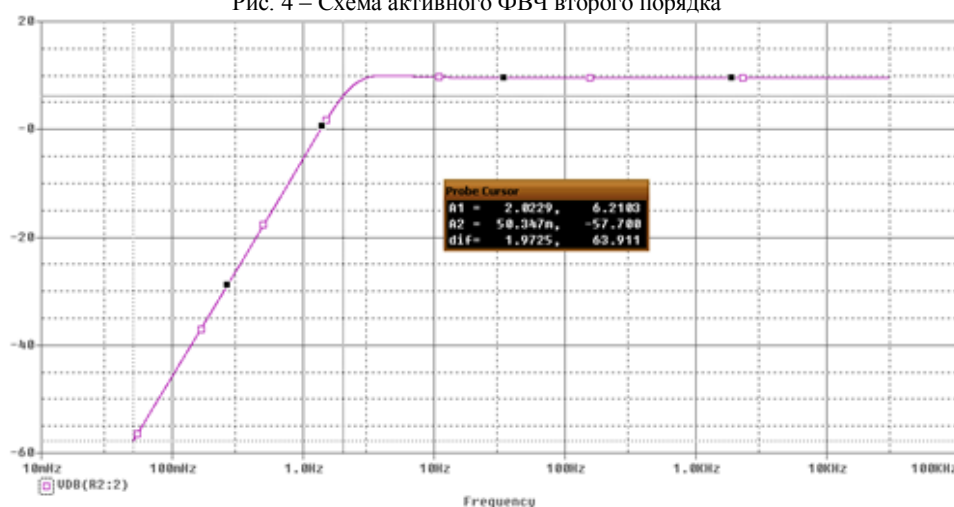


Рис. 5 – АЧХ активного ФВЧ второго порядка

В электрокардиографе кроме ФВЧ присутствует ФНЧ, вместе эти два фильтра образуют полосовой фильтр. Схема ФНЧ представлена на рисунке 6, на которой видно, что расположение RC элементов изменилось относительно схемы ФВЧ. Кроме расположения элементов так же изменились их значения, которые были рассчитаны для получения частоты среза 75 Гц. АЧХ фильтра низких частот второго порядка представлена на рисунке рисунок 7. На графике видно небольшое изменение коэффициента передачи в полосе пропускания, что внесет искажение во входной сигнал в этой полосе.

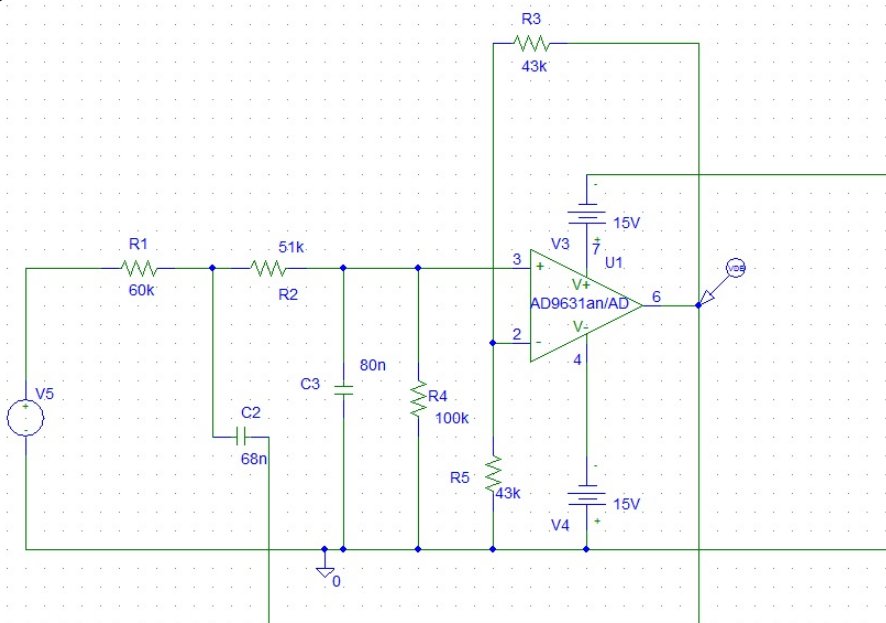


Рис. 6 – Схема активного ФНЧ второго порядка

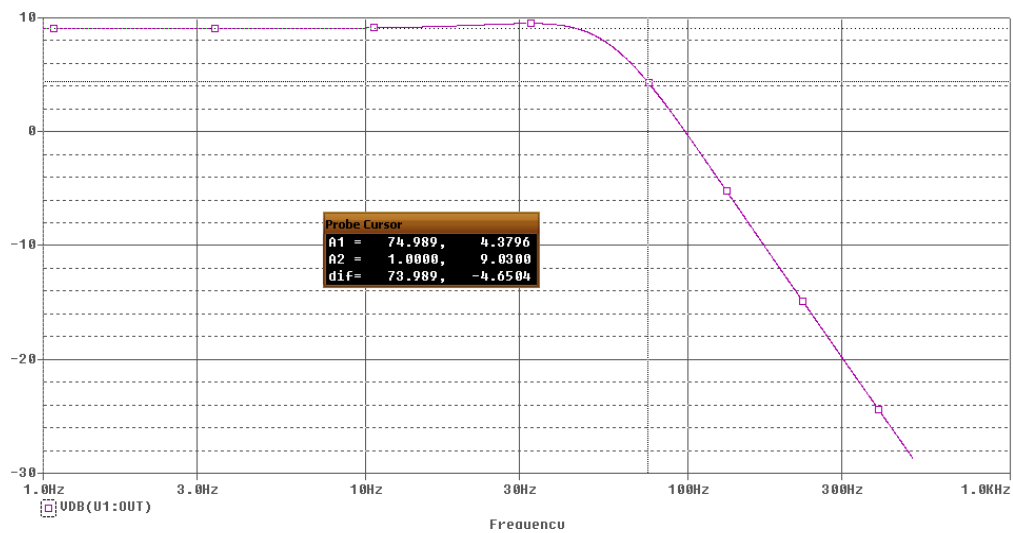


Рис. 7 – АЧХ активного ФНЧ второго порядка

АЧХ смоделированных фильтров описывает кривую похожую на фильтр Чебышева: обладает крутым спадом, но в полосе пропускания есть изменение коэффициента передачи. Для более полного исследования влияния фильтров на сигнал следует смоделировать несколько типов фильтров, увеличивать их порядок, изменять полосу пропускания. Так как в Orcad это займет немало времени, то будет целесообразно использовать программу, которая позволит упростить моделирование фильтров. Одной из таких программ является Matlab, где получение передаточной функции звена фильтра сводится к использованию встроенных команд с заданием параметров.

Для моделирования фильтров, например, полосового, состоящего из ФВЧ и ФНЧ, в программе Matlab существует несколько команд, последовательное применение которых позволяет получить желаемую передаточную функцию фильтра. После её получения составляется структурная схема со звеньями, генератором синусоидальных сигналов и осциллографом. Для определения влияния фильтров на сигнал требуется сравнить входной и выходной сигналы.

Моделирование фильтров происходит в несколько этапов, в каждом из которых требуется выполнение определенных действий: выбор типа фильтра, подбор параметров для вычисления передаточной функции звена фильтра и построение структурной схемы [2]. Пусть требуется смоделировать ПФ Баттерворта 4-го порядка с нижней и верхней границей 0.05 Гц и 75 Гц соответственно. Для того чтобы получить ПФ, сначала моделируется ФВЧ и ФНЧ, а потом они устанавливаются в схему последовательно. Расчет передаточных функций для звеньев ФВЧ и ФНЧ производится функциями:

- 1) $[n, Wn] = \text{buttord}(Wp, Ws, Rp, Rs, 's');$
- 2) $[b, a] = \text{butter}(n, Rp, Wn, 's');$

АЧХ схемы (рисунок 8), которая состоит ПФ 4-го порядка Баттерворта и режекторного фильтра 50 Гц, представлена на рисунке 9.

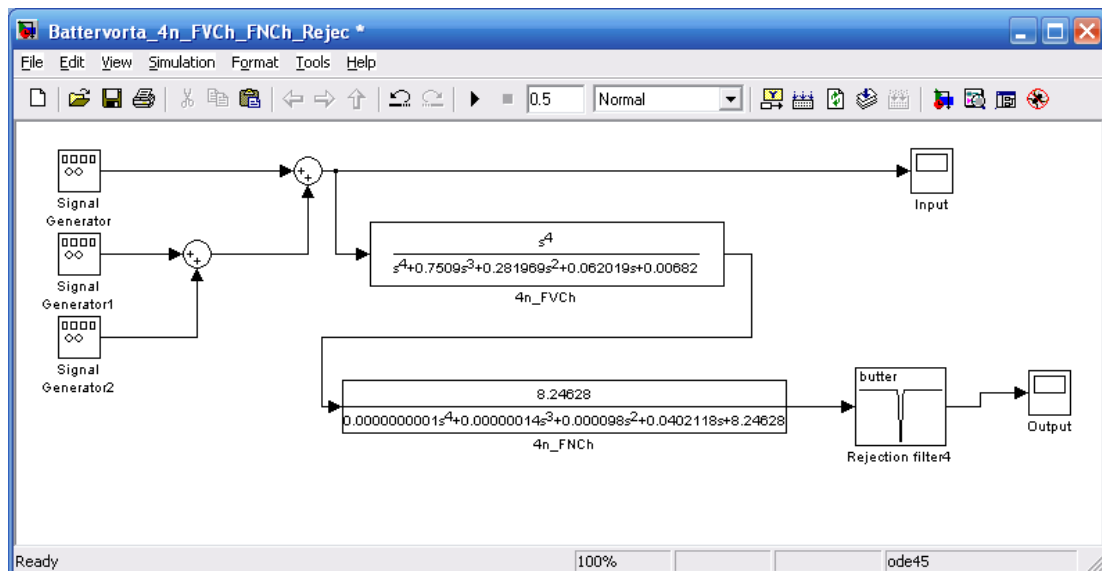


Рис. 8 – Структурная схема

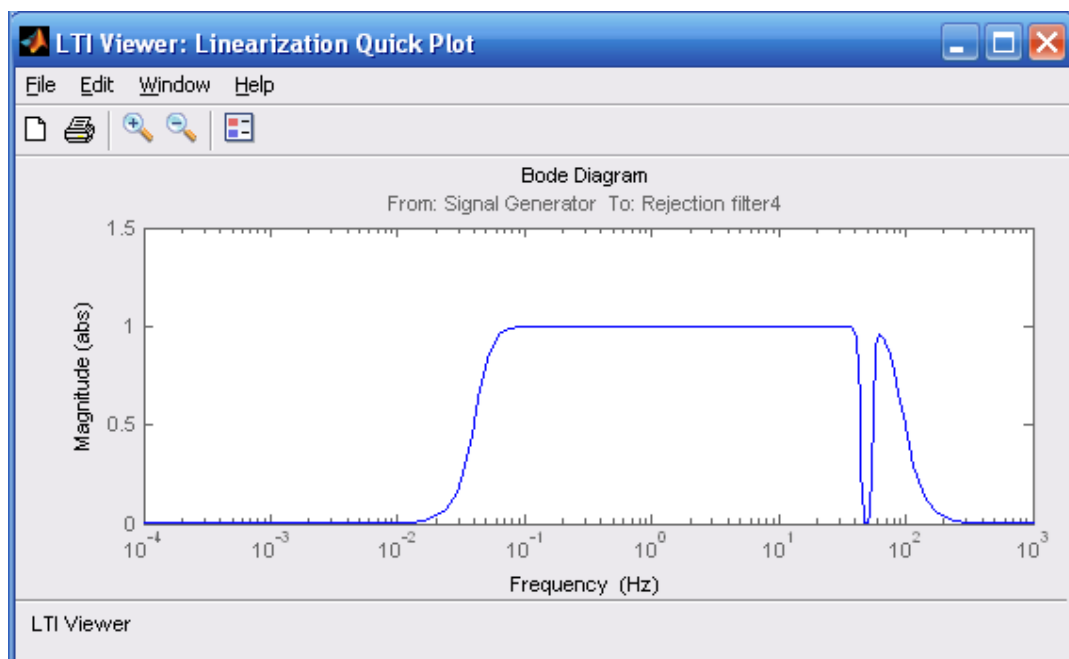


Рис. 9 – АЧХ ПФ и режекторного 4-го порядка

В процессе исследования на вход фильтров подается смесь синусоидальных сигналов с частотами 0.001 Гц, 5 Гц, 100 Гц, который проходит через фильтры и отображается на осциллографе, для удобства сравнения также отображается сигнал, поступающий на вход фильтров. Из сравнения входного и выходного сигналов (рисунок 10, рисунок 11) видно уменьшение высокочастотных пиков.

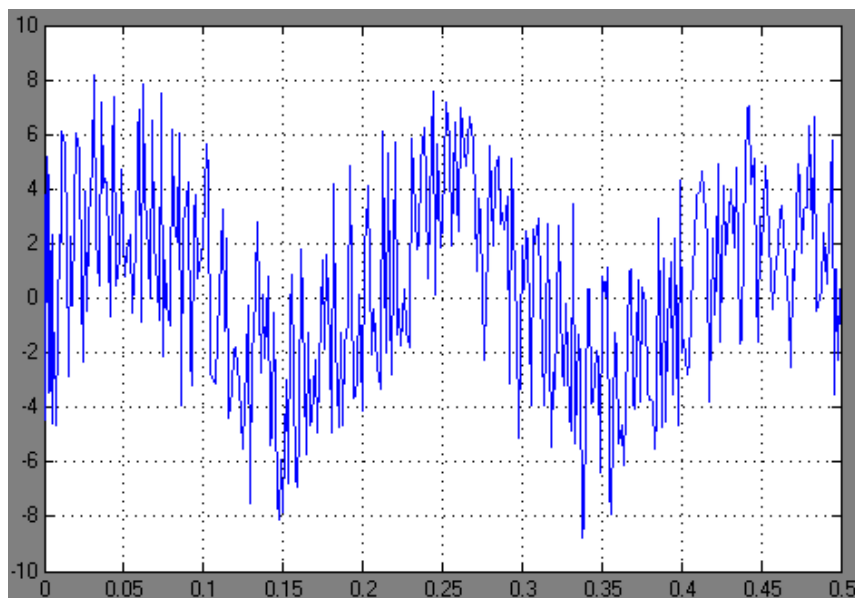


Рис. 10 – Сигнал на входе фильтров

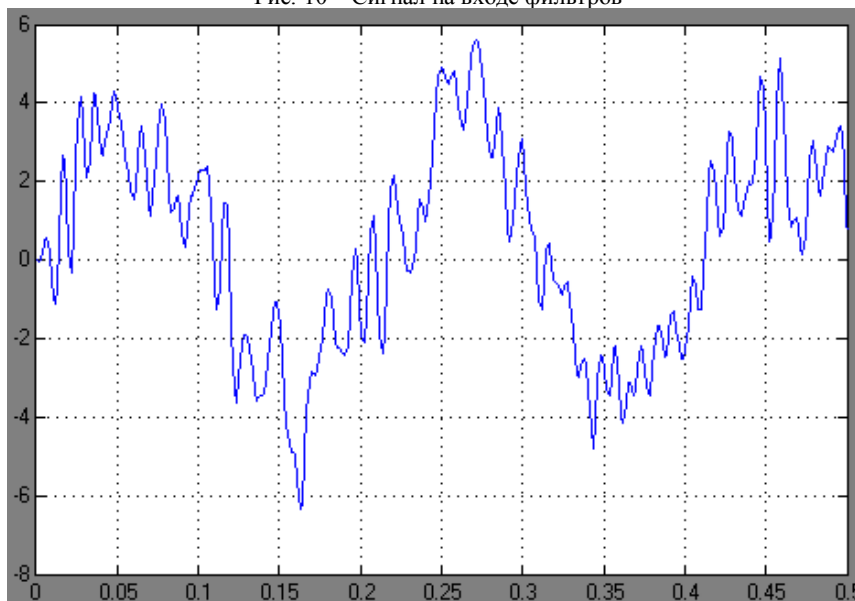


Рис. 11 – Выходной сигнал

Сигнал с частотой 5 Гц претерпел наименьшие изменения, так как находится в полосе пропускания полосового фильтра. Если брать во внимание ЭКГ-сигнал, то влияние на него может по-разному сказаться на результате, либо он поможет определить

диагноз пациента, убрав шум из сигнала, либо исказить полезный. Поэтому следует тщательно подходить к вопросу о выборе типа и порядка фильтра для достижения поставленной цели.

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
2. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP 1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2009. – 576 с.

Касаткина А.А.¹, Юсов А.Б.²;

¹ Аспирант; ² кандидат экономических наук, доцент, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации;

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация

В статье приводится описание построения модели инновационно-активной экономики, в которой главным фактором считается система высшего образования. Для построения модели используется методика когнитивного моделирования, особенностью которой является представление процесса в виде цепочки причинно-следственных отношений. Модель строится в виде ориентированного знакового взвешенного графа. Также в статье проводится анализ воздействия разных факторов на развитие экономики, с целью перехода на инновационные рельсы развития.

Ключевые слова: моделирование, когнитивные модели, высшее образование, инновационно-активная экономика, прогнозирование;

Kasatkina AA¹; Yusov AB²;

¹Postgraduate student; ²PhD in economic, , associate professor, Russian academy of national economy and public service at President of Russian Federations;

KOGNITION MODEL OF FORMATION AND FUNCTIONING OF IS INNOVATIVE-ACTIVE ECONOMY

Abstract

In article the description of construction of Interaction model of systems of higher education with is innovative-active Economy. For model construction the technique cognition models, which feature is representation of process in the form of a chain of cause and effect relations. The model is under construction in the form of the focused sign weighed count. Also in article spend the analysis of influence of different factors on economy development, on purpose nepexoda on innovative rails of development.

Keywords: modelling, cognition models, the higher education, innovative-active economy, forecasting.

Главной производящей силой в инновационно-активной экономике является человеческий капитал. Главным институтом воспроизводящим человеческий капитал является система высшего профессионального образования.

По утверждению специалистов, в среднем, каждые пять лет меняются технологии производства товаров и предоставления услуг, а также обновляются линейки товаров. Срок обучения в ВУЗе также занимает примерно это же время. Вероятнее всего человек будет начинать обучение при функционировании одних технологий, а заканчивать обучение при функционировании уже более новых.

Все это влечет появление новшеств в экономике и повседневной жизни. Данные новшества, в особенности это касается новшеств технологических и организационно-экономических, должны обязательно быть отражены в учебных программах. Однако изучение дисциплин проводится исходя из учебного плана в определённые временные интервалы. Может случиться так, что новшества, существенно влияющие на навыки и умения студентов, получили распространение после изучения студентами соответствующей дисциплины. В этом случае данные новшества должны быть изучены в спецкурсах, изучаемых на последнем курсе. При накоплении достаточного количества новшеств учебные программы из базового блока и вариативной части по соответствующим дисциплинам должны быть пересмотрены. После чего последующие новшества опять должны быть учтены с помощью системы спецкурсов, а при накоплении достаточного количества новшеств опять пересматриваются учебные программы.

Все выше сказанное подсказывает, что для нахождения эффективных путей формирования инновационно-активной экономики необходимо построить модель взаимодействия системы высшего образования и экономики, включающей в себя параметры человеческого капитала.

Для моделирования будем использовать методику построения когнитивных моделей, так как именно этот класс моделей позволяет использовать факторы разной природы, как качественные, так и количественные. Кроме того, в подобные модели можно встраивать управленческие воздействия.

Методика когнитивного моделирования основывается на представлении процесса в виде повторяющихся событий, которые: во-первых, могут быть охарактеризованы некоторыми количественно измеримыми или качественными показателями; во-вторых, связаны между собой причинно-следственными отношениями. Переменная модели на каждом шаге моделирования вычисляется как сумма значения переменной на предыдущем шаге плюс сумма всех импульсов, пришедших из переменных-причин данной вершины по стрелкам причинно-следственных связей.

На рисунке 1 приведена когнитивная карта воздействия уровня высшего образования на функционирование инновационно-активной экономики.

Новшества в экономике возникают через случайные промежутки времени. Частота подобных новшеств зависит от уровня инновационной активности экономики. Поэтому между переменными «Уровень инновационного развития экономики» и «Новые веяния в экономике» существует непосредственная причинно-следственная связь.

Появление новшеств влияет на учебный план в учреждениях высшего профессионального образования. Однако это влияние осуществляется не непосредственно, а через систему спецкурсов и через цепочку причинно-следственных отношений «Набор компетенций» - «ФГОС» - «Учебные программы». Профессиональный цикл программ обучения в магистратуре составляет порядка 1440 часов. Дисциплины по выбору, куда входят указанные спецкурсы – от 600 до 500 часов, в среднем это 550 часов. Соотношение часов, отведенных на дисциплины по выбору, к числу часов профессионального цикла и определяет интенсивность

влияния на учебные программы системы спецкурсов. Таким образом, получаем $\frac{550}{1440} = 0,38$. Это означает, что интенсивность

влияния системы спецкурсов на учебные программы равна 0,38. Интенсивность влияния ФГОС на учебные программы равна 1, так как изменение федеральных стандартов должно полностью поменять учебные программы.

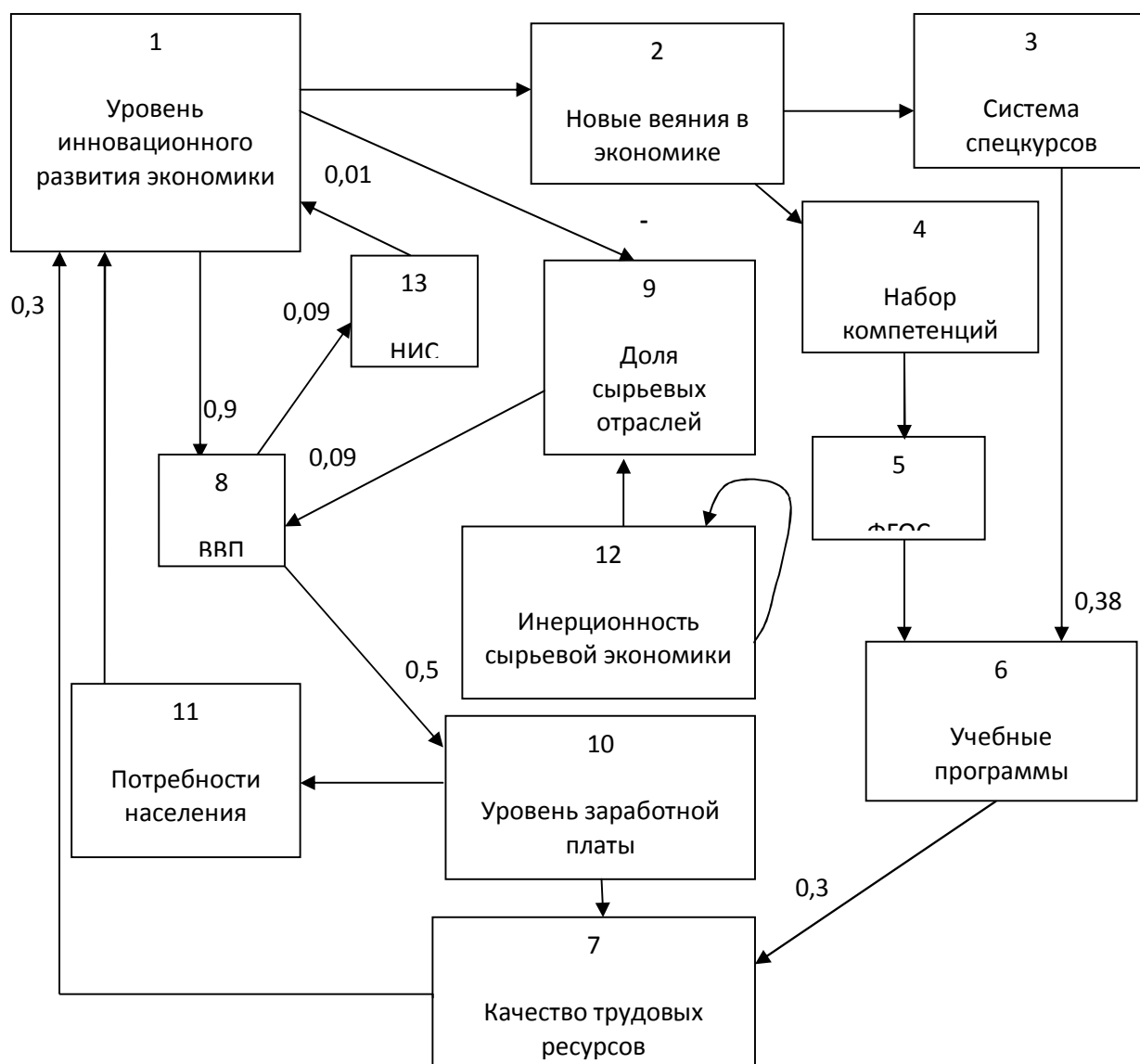


Рис. 1. Когнитивная карта воздействия уровня высшего образования на функционирование инновационно-активной экономики.

Модифицированные под требования экономики учебные программы улучшают качество трудовых ресурсов. Однако это улучшение касается не всех трудовых ресурсов, а только лиц с высшим образованием, поэтому интенсивность влияния переменной «Учебные программы» на переменную «Качество трудовых ресурсов» равно 0,3, так как в России в настоящее время занято примерно 30% (29,5%) лиц с высшим образованием.

С другой стороны на качество трудовых ресурсов влияет уровень заработной платы специалистов с высшим образованием. Если уровень заработной платы уменьшается, то лучшие абитуриенты пытаются уехать учиться за рубеж, в надежде там остаться, либо специалисты с высшим образованием уезжают из страны. Все это существенно понижает качество трудовых ресурсов в целом. К этому следует добавить, что если учителя, врачи, работники культуры и науки получают достаточно высоко, то это повышает уровень социально-значимых услуг, что в свою очередь увеличивает образовательный, культурный уровень и здоровье всего населения. Это повышает стимулы не уезжать из страны, и повышает качество абитуриентов.

Кроме качества трудовых ресурсов повышение заработной платы увеличивает возможности удовлетворять потребности населения, что повышает спрос на новые товары и услуги, тем самым стимулирует появление новых товаров, новых услуг и новых свойств у имеющихся товаров, а это в свою очередь стимулирует инновационную активность предприятий и экономики в целом. Все это повышает уровень инновационного развития экономики.

Качество трудовых ресурсов влияет на уровень инновационного развития экономики, так как высококвалифицированные специалисты более успешно занимаются исследованиями и разработками. Интенсивность подобного влияния равна 0,3, по доле лиц с высшим образованием.

Также на уровень инновационного развития экономики влияет состояние национальной инновационной системы. Интенсивность такого влияния равна доле лиц, занятых исследованиями и разработками в общем количестве занятых. Согласно данным Росстата в 2008 году принимало участие в исследованиях и разработках 761,3 тыс. человек, в 2009 году таких исследователей было - 742,4 тыс. чел., в 2010 и 2011 годах - 736,5 и 735,3 тыс. чел. соответственно. Занято в экономике за этот период было: 2008 - 71003,1 тыс. чел., 2009 - 69410,5 тыс. чел., 2010 - 69933,7 тыс. чел., 2011 - 70856,6 тыс. чел. На основе этих данных находим среднюю долю исследователей по отношению к занятым в экономике – 0,01. Это число и примем за интенсивность влияния переменной «НИС» на переменную «Уровень инновационного развития экономики».

Уровень инновационного развития экономики влияет на ВВП страны. Кроме этого уровень инновационного развития экономики влияет на долю сырьевых отраслей, сокращая их. Сырьевые отрасли также как и инновационные отрасли наполняют ВВП, что отражено в виде причинно-следственной связи от переменной «Доля сырьевых отраслей» к «ВВП». Однако интенсивность влияния на ВВП переменной «Доля сырьевых отраслей» и переменной «Уровень инновационного развития экономики» разная, так как по данным российских учёных технологическая рента превышает топливно-сырьевую в десятки раз. Это отражено в весовых коэффициентах влияния, в одном случае он равен 0,09, в другом 0,9.

ВВП влияет на общий уровень заработной платы. Для расчета интенсивности данного влияния, необходимо сопоставить величину среднегодового ВВП и величины оплаты труда. На основе данных Росстата за 2009-2011 годы вычисляем среднюю долю оплаты труда в ВВП, которая равна 0,5. Это число и примем за интенсивность влияния ВВП на уровень заработной платы.

Также ВВП влияет и на развитие национальной инновационной системы. Интенсивность данного влияния определяется по той доле, которая выделяется из консолидированного бюджета России на нужды прикладных научных исследований. Данная доля равна 0,09, что и примем за интенсивность влияния переменной «ВВП» на переменную «НИС».

На переменную «Доля сырьевых отраслей» активно влияет со знаком плюс переменная «Инерционность сырьевой экономики». Также переменная «Инерционность сырьевой экономики» влияет сама на себя, что отражает весь комплекс проблем, препятствующих переходу экономики с сырьевого пути развития на инновационный. Направление развития по сырьевому пути, как бы воспроизводит самого себя, что наглядно видно на примере развития России в последние годы. Таким образом, данная переменная постоянно воспроизводит свою активность и передает ее переменной «Доля сырьевых производств», тем самым препятствуя уменьшению этих производств и отвлекая на них ресурсы, как трудовые, так и финансовые.

На когнитивной карте воздействия уровня высшего образования на функционирование инновационно-активной экономики не на каждой стрелке причинно-следственных отношений стоит числовой коэффициент интенсивности. В этих случаях считается, что воздействие чисто качественное и вес считается равным 1. В случае влияния переменной «Уровень инновационного развития экономики» на переменную «Доля сырьевых отраслей» довольно трудно оценить величину данного влияния в действительных числах. Известно, что такое влияние есть и при повышении инновационной активности доля добывающего сектора в экономике страны должна сокращаться. Поэтому в качестве интенсивности подобного влияния примем весовой коэффициент равный -1.

К переменным индикаторам, то есть переменные по которым будем отслеживать наш процесс, отнесем переменную «Уровень инновационного развития экономики» - это будет основной индикатор. Кроме него будем наблюдать за изменениями переменных «Качество трудовых ресурсов» и «Потребности населения».

К переменным управления отнесем переменные: «Уровень заработной платы» и «Учебные программы», так как на них возможно воздействовать непосредственно с помощью государственного регулирования и различных программ.

Для формирования инновационно-активной экономики уровень оплаты труда должен быть на уровне потребительского бюджета высокого достатка [1;29]. Данный потребительский бюджет обеспечивает более высокий уровень потребления, рассчитанный на расширенное воспроизводство и достаточное удовлетворение потребностей человека. Имея такие доходы люди чаще обновляют высокотехнологичные товары в своих семьях (компьютеры, мобильные телефоны, телевизоры и т.д.), покупая их до их морального устаревания. Этим стимулируется их предложение. Кроме того, у них достаточно средств для повышения своей квалификации в виде самообразования, в этом случае им необходимы книги и методические пособия; и для прохождения обучения на все возможных курсах.

Поэтому для указанных выше целей переменную «Уровень заработной платы» необходимо изменять, доведя МРОТ до бюджета высокого достатка, после чего его необходимо регулярно в соответствии с инфляцией индексировать.

Переменную «Учебные программы» можно изменять, сокращая сроки пересмотра Федеральных государственных стандартов.

Следующим шагом в построении модели должен быть шаг определения начальных значений наших переменных. Начальные значения должны характеризовать разные стартовые позиции перед началом моделирования, а также устойчивые тенденции, сложившиеся в экономике.

Начальный уровень инновационного развития экономики и доли сырьевых отраслей определим по доле произведенного продукта соответствующего вида в общем объеме произведенной продукции в Российской Федерации. По данным Росстата в 2011 году валовая добавленная стоимость составляла 47 505,5 млрд. руб. Добыча полезных ископаемых составляла 5 157,32 млрд. руб. Объем инновационных товаров, работ и услуг достиг 2106,74 млрд. руб. Таким образом, получаем: начальный уровень доли сырьевых отраслей равен 0,11, а начальный уровень инновационного развития экономики равен 0,04.

Далее вычислим начальный уровень заработной платы. Его вычислим как долю МРОТ от потребительского бюджета высокого достатка. Согласно исследованиям Всероссийского уровня жизни потребительский бюджет высокого достатка должен составлять более 11 бюджетов прожиточного минимума [1;29]. Бюджеты прожиточного минимума (БПМ) представляют собой доход, обеспечивающий удовлетворение наиболее насущных потребностей одиноких людей без семьи и детей. Под это определение подходит, устанавливаемый государством прожиточный минимум. Величина его в настоящее время равна 6705 руб. Перемножив 12 на эту величину получим – 80460 руб. МРОТ взрослого человека в настоящее время равен 5025 руб. Таким образом, МРОТ в настоящее время в России составляет примерно 0,06 от бюджета высокого достатка.

На основе данных товарной структуры экспорта Российской Федерации можно сделать вывод об устойчивой тенденции роста сырьевой направленности российской экономики. Этот рост с 2001 года по 2011 год составляет в среднем 1,6% в год. Таким образом, в качестве начального значения переменной «Инерционности сырьевой экономики» примем значение 0,016.

На основе данных тенденция изменения ВВП с 2001 по 2012 гг. получаем средний прирост ВВП равный 4,8%. В результате примем начальное значение переменной ВВП равный 0,048.

Для остальных переменных вычисление начального уровня не принципиально. Примем начальные значения для них за 0 и будем сравнивать значения в конце моделирования по отношению к 0-ой отметке.

Следующим шагом при моделировании должен быть шаг интерпретации временных интервалов реализации причинно-следственных связей. Примем за такой временной интервал – один год. Именно за этот период изменения в переменных-причинах приводит к изменениям в переменных-следствиях во всех, за некоторым исключением пар причинно-следственных отношений.

Исключения касаются пары переменных «Новые веяния в экономике» и «Система спецкурсов», пары переменных «Набор компетенций» и «ФГОС», и пары переменных «Потребности населения» и «Уровень инновационного развития экономики».

Изменения в экономике, определяемые как появления новшеств, не сразу отражаются в наборе спецкурсов. Целый год после их появления практики декларируют их как новые решения каких-либо проблем. Преподаватели высшей школы, получив о них достаточно полное представление, вставляют эти решения в свои курсы к следующему учебному году. Таким образом, влияние переменной «Новые веяния в экономике» на переменную «Система спецкурсов» осуществляется через год, то есть раз в два года.

Как было указано ранее, в среднем используемые технологии обновляются каждые 5-8 лет. Это означает, что максимум через 8 лет в экономике не останется, практически, ни одной не обновленной технологии. Это, в свою очередь, означает существенные изменения в экономике. Подобная ситуация должна обязательно повлечь за собой изменения в наборе необходимых для наемных работников навыков и знаний, что обязательно должно привести к пересмотру федеральных стандартов обучения и изменению программ обучения. Таким образом, временной интервал влияния переменной «Набор компетенций» на «ФГОС» примем за 8 лет.

Интервал воздействия возможностей населения удовлетворять свои потребности на повышение инновационной активности субъектов экономической деятельности примем величиной 5 лет. Подобное число было выбрано из соображения, что каждые 5-8 лет обновляются технологии производства. В условиях небольшого жизненного цикла товаров, когда производитель перестает производить товары до их морального износа нет смысла усовершенствовать технологии производства под уже производимые товары. Следовательно, с помощью этих новых технологий начинают производиться уже новые товары. Отсюда явно видно, что и товары живут на рынках эти же 5-8 лет. Однако новые товары могут производиться и при помощи старых технологий. Отсюда

следует, что жизненный цикл товаров меньше жизненного цикла технологий. Следовательно, примем за срок обновления товаров 5 лет, минимальный срок обновления технологий.

Моделирование будет производиться с помощью инструментария Forecast 2.0 [2], предназначенного для построения и исследования когнитивных моделей на основе ориентированных взвешенных знаковых графов.

Результаты моделирования развития российской экономики без изменения сложившихся на сегодняшний момент условий показывает, что движение в сторону формирования инновационно-активной экономики есть, что видно по изменениям переменной «Уровень инновационного развития экономики». Однако это движение слишком медленное. Переменная «Уровень инновационного развития экономики» - это качественный показатель, определяемый в диапазоне ниже – выше. Максимальное значение его равно 1. По данным моделирования видно, что и через 24 года в России не будет построена инновационно-активная экономика в необходимом для устойчивого развития объеме. Также на низком уровне находится качество трудовых ресурсов и возможности населения удовлетворять свои потребности (см. Рис.2).

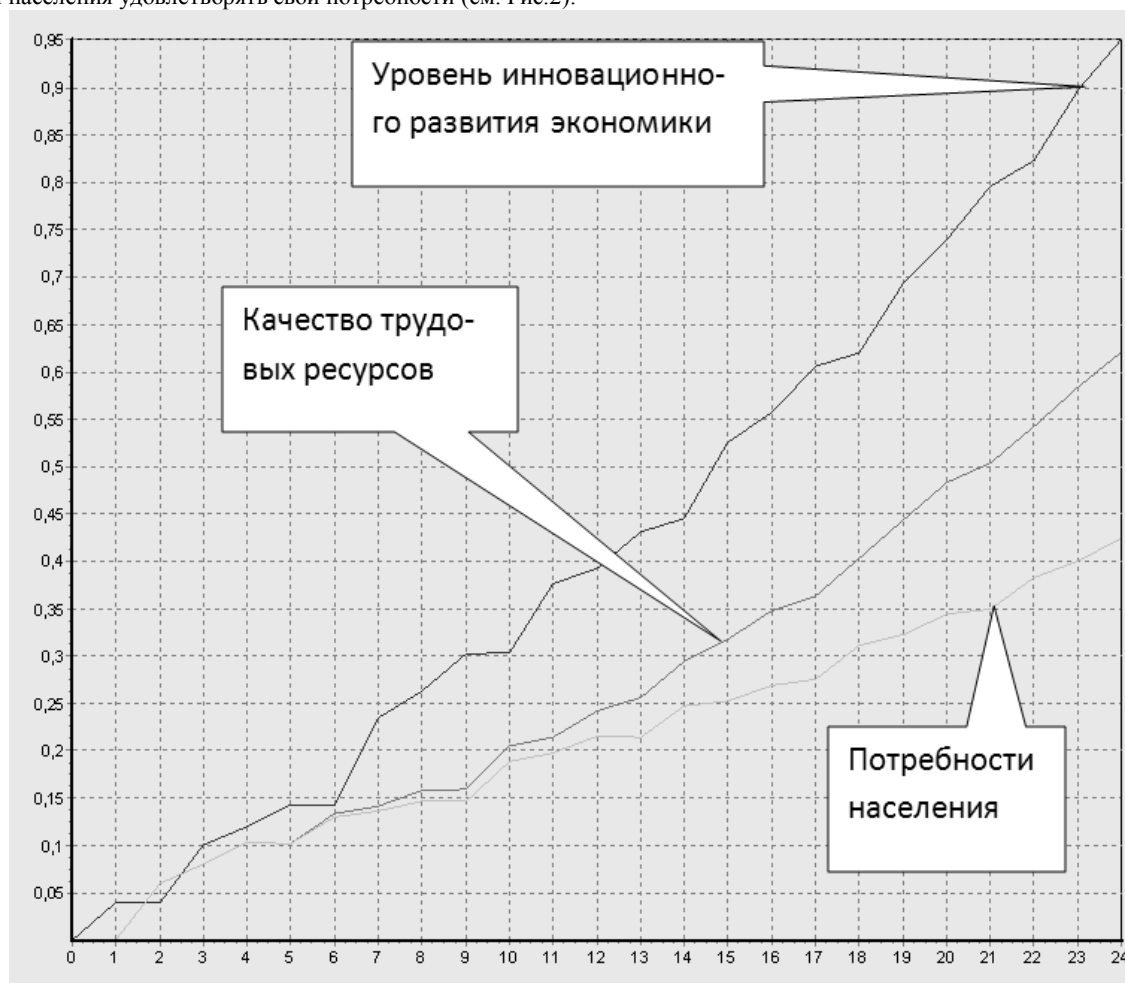


Рис. 2. Тенденции развития индикаторов модели в сложившихся в России условиях.

При сокращении сроков пересмотра федеральных образовательных стандартов с 8 до 5 лет, согласно оценке устаревания знаний, дает незначительный прогресс. Построить инновационно-активную экономику удастся незначительно раньше. Можно утверждать, что данные действия мало эффективны для перехода экономики России на инновационные рельсы развития (см. рис.3).

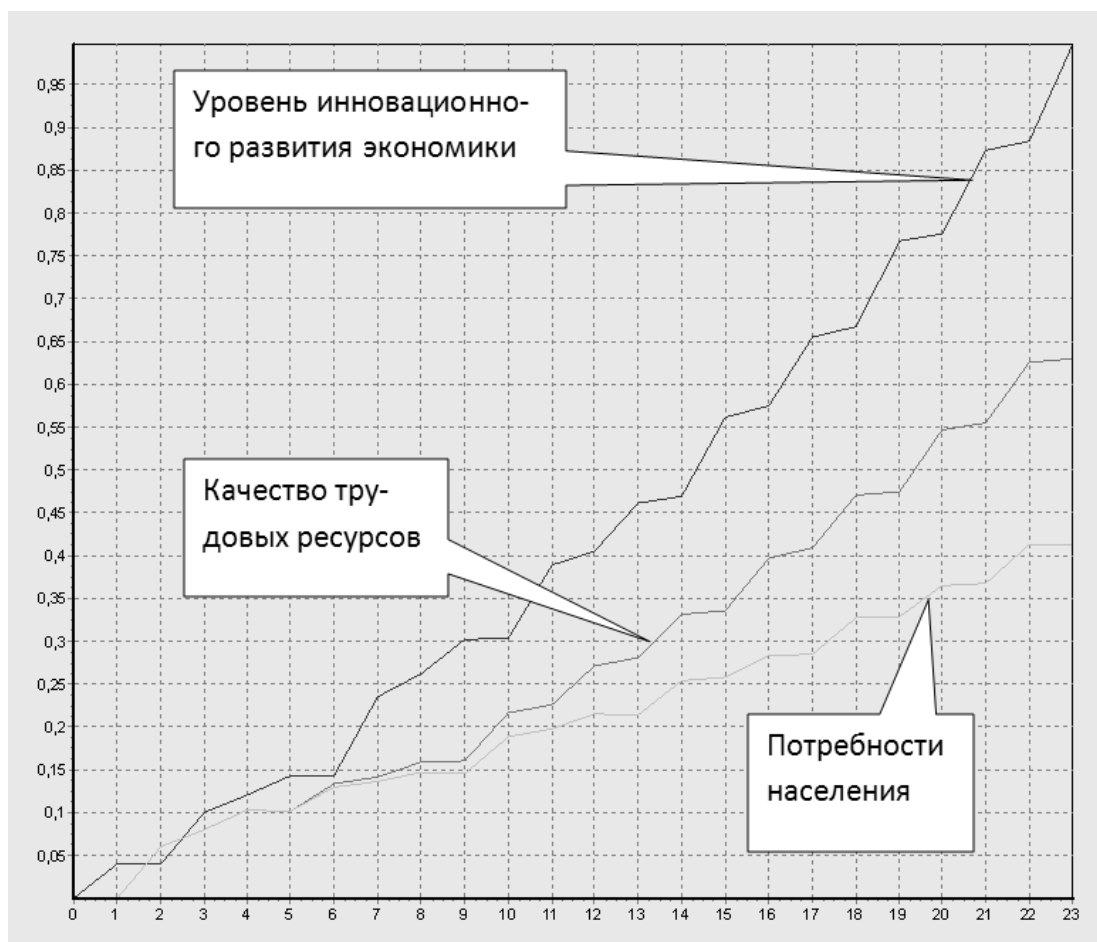


Рис. 3. Тенденции развития индикаторов модели при условии сокращения сроков пересмотра Федеральных государственных стандартов до 5-ти лет.

Следующий рычаг построения инновационно-активной экономики – это воздействовать на переменную «Уровень заработной платы». Как было указано ранее, для формирования инновационно-активной экономики уровень оплаты труда должен быть на уровне потребительского бюджета высокого достатка. По нашим расчетам это 80460 руб. Довести МРОТ до этого уровня в настоящее время не возможно. Здесь можно действовать двумя способами. Первый способ – это довести уровень заработной платы до величины бюджета высокого достатка только у специалистов с высшим образованием (у 30% занятых), но сразу. В этом случае начальное значение переменной «Уровень заработной платы» будет равно 0,3 от 1 (1 – это уровень бюджета высокого достатка). Результат моделирования этой ситуации приведен на рис.4.

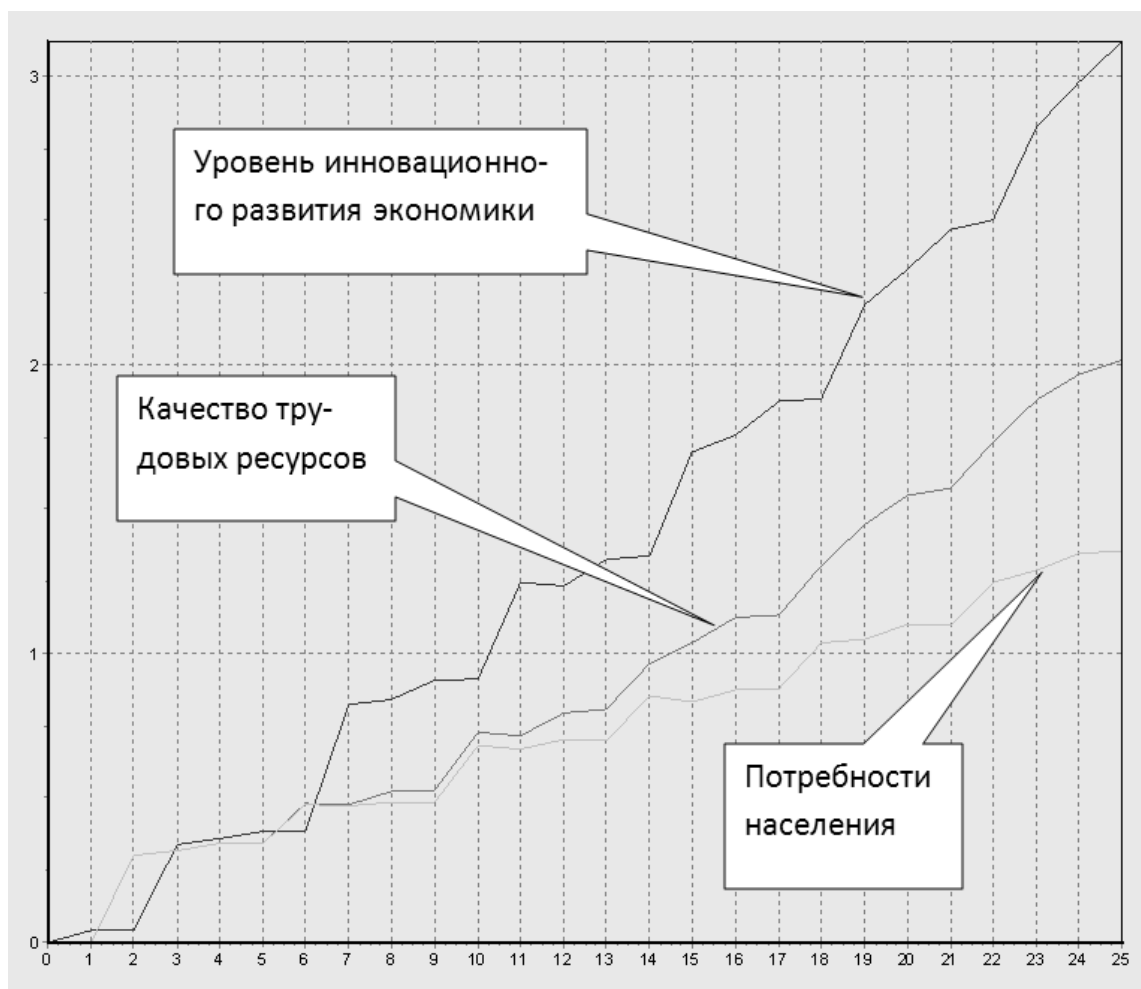


Рис. 4. Тенденции развития индикаторов модели при условии повышения уровня заработной платы до бюджета высокого достатка у специалистов с высшим образованием.

Второй способ, ежегодно индексировать МРОТ в размере существенно превышающем инфляцию. В этом случае вычисление начального уровня переменной «Уровень заработной платы» необходимо строить исходя из тенденции развития инфляции в России.

Согласно данным Росстата средний прирост за последние 4 года 7,6%. Чтобы достичь уровня заработной платы равной бюджету высокого достатка примерно за 5 лет необходимо каждый год увеличивать МРОТ на сумму равную $(80460-5025)/5=15087$. Это примерно 0,19 от величины бюджета высокого достатка. Добавим к этой величине инфляцию (0,076) и имеющееся начальное значение переменной «Уровень заработной платы» (0,06). В результате получаем число 0,326. Результат моделирования этой ситуации приведен на рис.5.



Рис. 5. Тенденции развития индикаторов модели при условии повышения уровня заработной платы до бюджета высокого достатка за 5 лет.

Как показывают результаты моделирования с учетом увеличения начального значения переменной «Уровень заработной платы» при данных мерах в обоих случаях существует возможность перейти на инновационные рельсы в течении первых 10 лет. Причем высоких значений достигают все переменные индикаторы, и «Качество трудовых ресурсов», и «Потребности населения». Разница между этими двумя вариантами государственного воздействия на развитие экономики Российской Федерации в том, что во втором случае качество трудовых ресурсов будет выше, хотя это и не скажется на сроках формирования инновационно-активной экономики.

Таким образом, результатом проведенного прогнозирования на основе описанной модели видно, что наиболее эффективным способом перехода экономики на инновационные рельсы развития является повышение заработной платы до бюджета высокого достатка.

Литература.

1. Бобков В.Н. Методологический подход Всероссийского центра уровня жизни к изучению и оценке качества и уровня жизни населения. //Вестник ВГУ. Серия: экономика и управление. 2009. № 2, с. 26-36.
2. Федулов Ю.Г., Юсов А.Б., Матвеев А.А. Исследование социально-экономических и политических процессов с помощью когнитивных моделей: Учебно-метод. пособие. М. Изд-во РАГС, 2004.

Батухтин А.Г.¹, Кобылкин М.В.², Миткус А.В.³, Петин В.В.⁴

¹Кандидат технических наук; ²аспирант; ³аспирант; ⁴инженер, Забайкальский государственный университет.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация

В статье рассмотрена возможность применения современных технологических решений для модернизации систем теплоснабжения с целью повышения их эффективности. Представленные решения основаны на применении тепловых насосов, а также применении электроразрядных технологий для обеззараживания воды при открытом водоразборе сетевой воды для нужд горячего водоснабжения. Описаны уникальные, экономически оправданные, схемы внедрения представленных решений в существующие системы теплоснабжения.

Ключевые слова: эффективность, теплоснабжение, тепловой насос, системы теплоснабжения, диафрагменный разряд, обеззараживание.

Batukhtin A.G.¹, Kobylkin M.V.², Mitkus A.V.³, Petin V.V.⁴

¹Candidate of Technical Sciences; ² postgraduate student; ³ postgraduate student; ⁴ engineer, Zabaikalsky State University.

MODERN METHODS OF MODERNIZATION EXISTING SYSTEMS HEAT

Abstract

The article considers the use of modern technology solutions for the modernization of heating systems in order to increase their effectiveness. The presented solutions are based on the use of heat pumps, as well as the use of electric-technology for water disinfection in open water pumping mains water for domestic hot water. Are described unique, economically justified, implementation scheme of the presented solutions into existing heating systems.

Keywords: efficiency, heating, heat pumps, heating systems, diaphragm discharge, disinfection.

В настоящее время развитие теплоэнергетики России опирается на принцип создания энергоэффективных и безопасных систем, потребляющих минимально возможное количество энергетических ресурсов, в этих условиях становится особенно

актуальной разработкой мало затратных способов модернизации уже существующих систем теплоснабжения. К таким способам можно отнести компенсацию части потребляемых энергетических ресурсов за счет использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), перераспределение избыточной энергии в существующих системах, а также применение электроразрядных технологий для обеззараживания воды при открытом водоразборе сетевой воды для нужд горячего водоснабжения (ГВС). [9]

Преимущества теплоснабжения, использующих ВИЭ, по сравнению с их традиционными аналогами, связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения, но и с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями для повышения степени автономности работы этих систем [8].

В современных условиях использования ВИЭ надежно закрепили свое место схемы с использованием низкопотенциального тепла окружающей среды при помощи теплонасосных установок (ТНУ) [8].

Однако, не смотря на различные технологии сбора тепла окружающей среды, все предлагаемые, на сегодняшний день, технологические решения с использованием ТНУ объединяет один недостаток, ограничивающий их область применения. Этим недостатком являются значительные капиталовложения при внедрении ТНУ в существующие системы отопления, особенно в условиях плотной городской застройки, когда возникает сложность с созданием скважин или приемных емкостей для организации доступа к низкопотенциальной тепловой энергии.

Решением проблемы затрат может стать переход на новый источник тепла, доступ к которому не требует значительной реконструкции исходной схемы теплоснабжения.

При анализе систем отопления зданий на предмет такого источника низкопотенциальной энергии, было отмечено, что любая система отопления в неотапливаемый период может играть роль источника тепла. На основании этого вывода был разработан способ горячего водоснабжения отличающийся от аналогов сравнительно малыми капитальными затратами, техническим результатом которого, является полное исключение тепловых потерь от трубопроводов абонентского ввода, независимость от централизованного источника тепла, а также утилизация избыточного тепла здания в неотапливаемый период.

Для достижения заявленного результата воду, идущую на горячее водоснабжение, нагревают до необходимой температуры в конденсаторе теплонасосной установки за счет тепла полученного от низкопотенциального источника в испарителе теплонасосной установки, и подают потребителям, причем в качестве низкопотенциального источника теплоты в испарителе используют сетевую воду, циркулирующую в замкнутом контуре системы отопления здания.

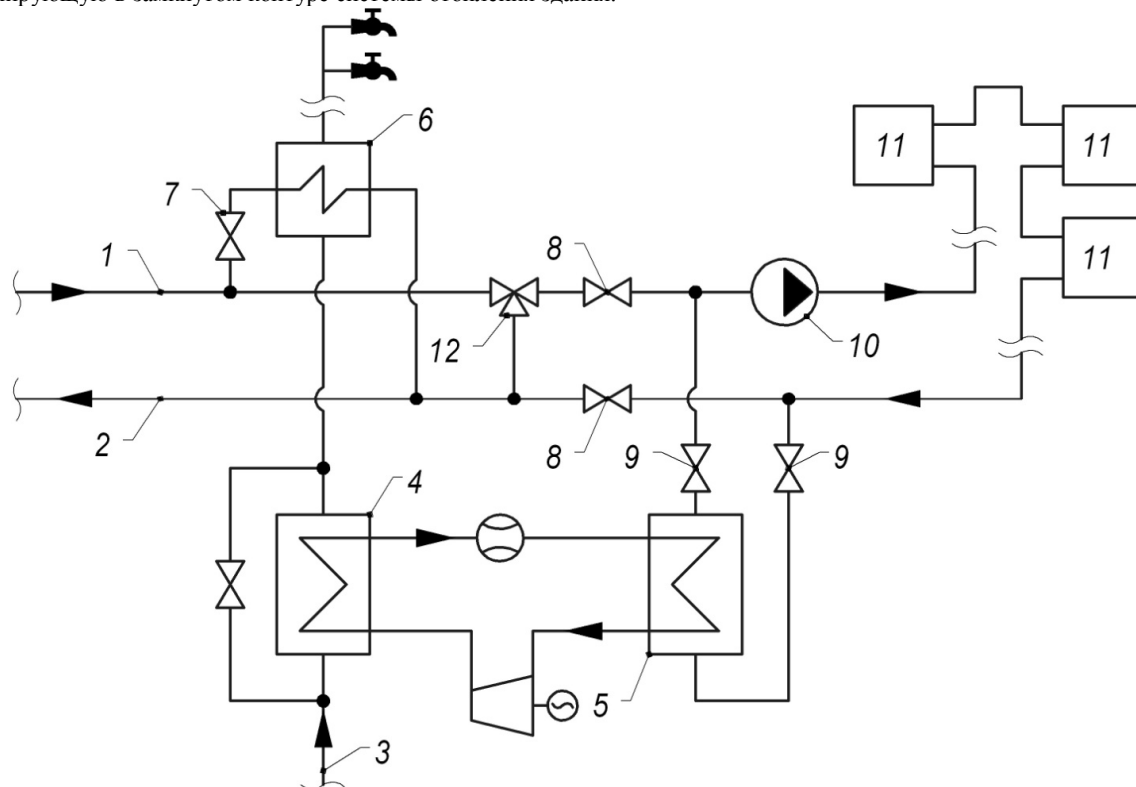


Рис. 1 – система горячего водоснабжения здания: 1 – подающий трубопровод, 2 – обратный трубопровод, 3 – трубопровод воды идущей на горячее водоснабжение, 4 – конденсатор теплонасосной установки, 5 – испаритель теплонасосной установки, 6 – теплообменник горячего водоснабжения, 7, 8, 9 – запорная арматура, 10 – циркуляционный насос, 11 – отопительный прибор, 12 – трехходовой клапан.

Способ горячего водоснабжения реализуется следующим образом:

В неотапливаемый период, когда система отопления и горячего водоснабжения (ГВС) здания переводится на режим ГВС, закрывается запорная арматура 8 и открывается арматура 9, тем самым создавая закрытый контур циркуляции внутри системы отопления здания изолированный от внешних тепловых сетей. В закрытом контуре теплоноситель, при помощи циркуляционного насоса 10, подается в систему отопления. Проходя отопительные приборы 11, теплоноситель забирает избыточное тепло помещений, после чего поступает в испаритель теплонасосной установки 5, где охлаждается, передавая собранное тепло хладагенту, циркулирующему в контуре теплонасосной установки. Тепло, полученное хладагентом, отдается в конденсаторе теплонасосной установки 4, в который, в качестве нагреваемой среды, подается вода идущая на ГВС 3, нагрев осуществляется до температуры не менее 60°C, после чего вода подается потребителю.

Одновременно с закрытием арматуры 8 также производится закрытие арматуры 7 и трехходового клапана 12, что приводит к остановке циркуляции в подающем 1 и обратном 2 трубопроводах абонентского ввода здания, это полностью исключает тепловые потери от трубопроводов абонентского ввода. При закрытой арматуре 7 теплообменник ГВС 6 не участвует в теплообмене.

Таким образом, используя в качестве низкопотенциального источника теплоты воду, циркулирующую в системе отопления здания в неотапливаемый период, можно обеспечивать здание горячей водой вне зависимости от централизованного источника тепла при незначительных капитальных затратах. При этом экономический эффект достигается за счет экономии при переходе на автономный источник тепла, экономии от отсутствия тепловых потерь от трубопроводов абонентского ввода, а также экономии за счет сокращения затрат на кондиционирование помещений.

Технология переноса теплоты с помощью ТНУ, кроме локального применения для конкретных потребителей, также может быть использована для решения задач перераспределения избыточной тепловой энергии в городских сетях теплоснабжения, которым присуща проблема ненормативного отпуска тепла.

Анализ потребления тепловой энергии потребителями оборудованными приборами учета тепловой энергии города Читы Забайкальского края показал значительное отклонение реального теплопотребления от расчетных значений. К примеру, из 81 объекта финансируемого из городского бюджета 14 характеризуется превышением фактического потребления над расчетным, причем отклонение доходит до 40%, что определяет перетоп данных объектов. Остальные 67 объектов характеризуется недоотпуском тепловой энергии. При этом общий недоотпуск тепловой энергии на всех объектах составил более 22%. [6]

Поддержание комфортных температурных условий в помещениях потребителей является первоочередной задачей для систем теплоснабжения, а при общем недоотпуске тепловой энергии не представляется возможным без внедрения современных технологий. [4]

Произведенный расчет эффективности оптимизации отпуска теплоты от ТЭЦ потребителю с учетом изменения в течение суток нагрузки ГВС и температуры наружного воздуха на основе моделирования системы с учетом ее реального состояния на примере системы теплоснабжения микрорайона КСК (г. Читы Забайкальского края) отапливаемого от теплофикационных отборов двух турбин ПТ-60 Читинской ТЭЦ-1 показал экономический эффект 3 млн. руб./год за счет снижения температуры обратной сетевой воды. При этом располагаемая тепловая мощность станции может быть увеличена на 6,1% при сохранении расхода теплоносителя и пропускной способности тепловых сетей, а также выработки электрической энергии [3].

Данный экономический эффект не является предельным поскольку диапазон температур прямой сетевой воды на ТЭЦ, в котором находится оптимальная, на конкретном временном промежутке, ограничивается: разной протяженностью отдельных участков тепловых сетей; участки тепловых сетей имеют разные характеристики тепловой изоляции, скорость изменения температуры прямой сетевой воды на ТЭЦ не должна превышать $30\text{ }^{\circ}\text{C/ч}$; районы теплопотребления обладают разными потребителями тепловой энергии и как следствие требуют разного изменения температур прямой сетевой воды в течение суток [1, 5]. Снять эти ограничения позволит изменение температуры теплоносителя по лучам тепловых сетей с применением установок по перераспределению потоков теплоты по разноинерционным ветвям теплосетей в зависимости от оптимального суточного графика и потребностей конкретных потребителей. Перераспределение потоков теплоты предполагается осуществлять с применением технологии тепловых насосов, по схеме, представленной на рисунке 2 [2]. Метод перераспределения заключается в том, что от источника отпускается оптимальная температура теплоносителя, при этом в период натопа в наиболее удаленные участки тепловых сетей температура увеличивается за счет нагрева в конденсаторе теплового насоса, а в период снижения тепловой нагрузки температура увеличивается в ближних участках тепловых сетей.

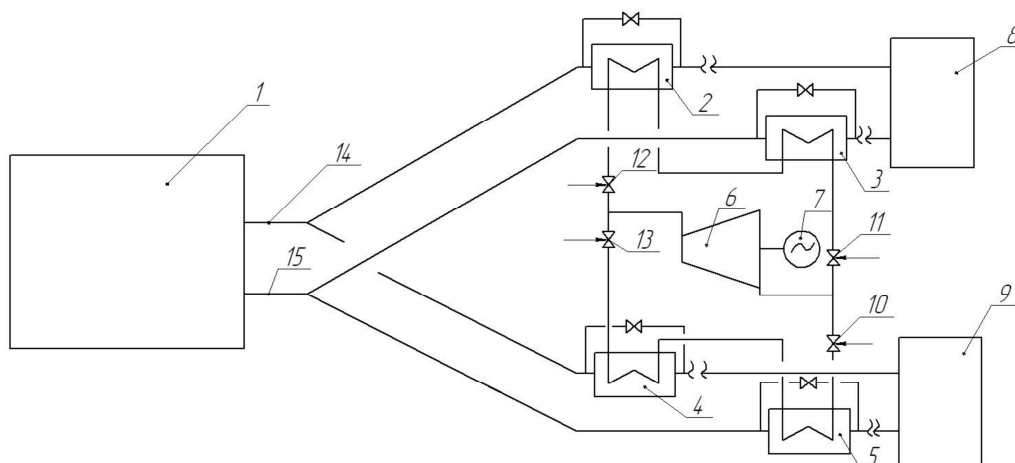


Рис. 2. – Схема комплекса теплоснабжения. 1 – источник теплоснабжения; 2,3 – конденсатор теплового насоса; 4,5 – испаритель теплового насоса; 6 – тепловой насос; 7 – привод; 8 – потребитель; 9 – второй потребитель; 10,11,12,13 – регуляторы расхода; 14 – трубопроводы прямой сетевой воды; 15 – трубопроводы обратной сетевой воды.

Рассмотрим пример управления и возможный экономический эффект от схемы представленной на рисунке 2. Введем ограничения, т.к. на данном этапе исследования необходимо принципиально оценить возможный эффект от схемы. Пусть два абонента постоянно снабжаются сетевой водой в количестве 400 кг/с и температурным графиком 104/60. Теплоснабжение осуществляется от двух турбин ПТ 60–90. График потребления тепла абонентами представлен на рисунке 3. Верхний график характеризует необходимое изменение температуры прямой сетевой воды, нижняя часть графика температуру обратной сетевой воды.

При расчете, температура прямой сетевой воды от станции в течение суток оставалась постоянной, а температура обратной сетевой воды менялась в зависимости от потребности в тепле абонентов, которая характеризуется пиками и провалами на графике. При этом на станции после смешения потоков была усредненная температура обратной сетевой воды. При понижении температуры прямой сетевой воды на 4 градуса, т.е. до температуры 100 градусов, а пики тепловой нагрузки снимать тепловым насосом, то за сутки на станции можно снизить потребления топлива на 31 тону, а в год 11354 т угля, что в денежном эквиваленте по Хранорскому углю (768 р/т) 8,72 млн. рублей.

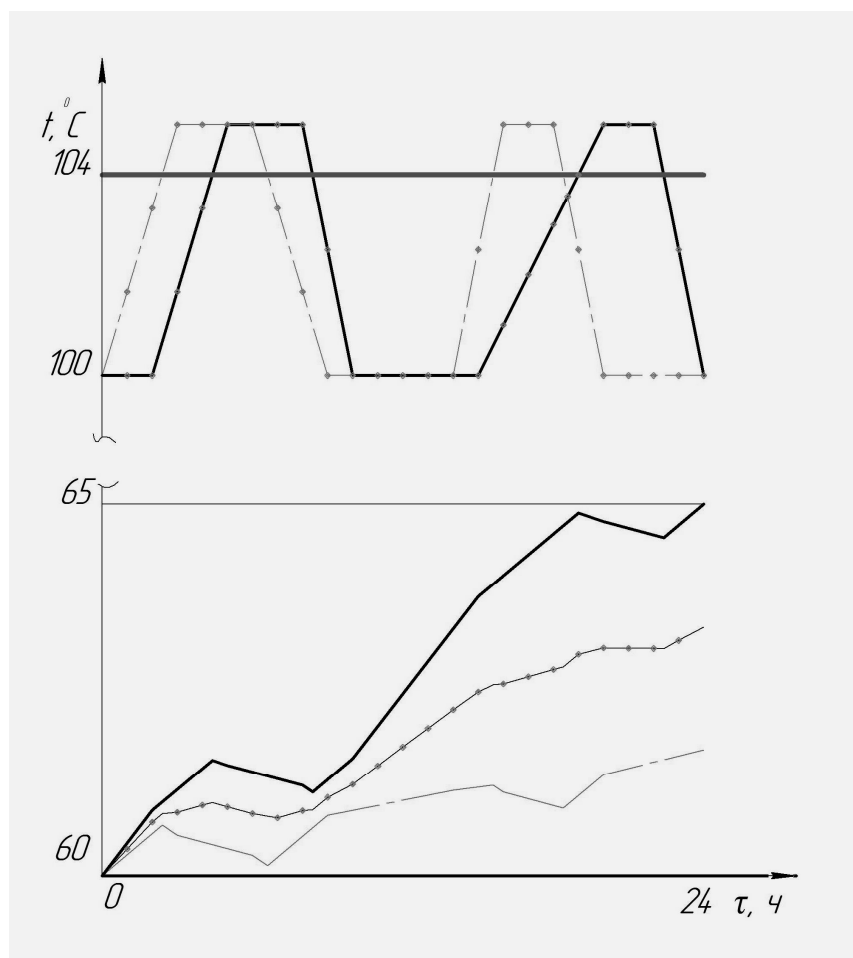


Рис. 3 – График теплового потребления абонентов

Данная технология может вполне дополнять существующее централизованное теплоснабжение, причем, чем больше разница двух отношений, тем меньше срок окупаемости проекта.

Помимо использования тепловых насосов к технологиям, повышающим эффективность электронагрева можно отнести применение электроразрядных технологий. Поскольку их использование несет двойную функцию, помимо нагрева данные установки обеспечивают обеззараживание воды при отрывом водоразбора сетевой воды для нужд ГВС, его использование имеет дополнительную эффективность за счет сокращения распространения микроорганизмов.

В соответствии с СанПиН 2.1.4.2496–09 для систем централизованного теплоснабжения с открытым водоразбором качество воды должно соответствовать качеству питьевой воды. Для этого необходима разработка современных способов очистки и обеззараживания воды в системах централизованного теплоснабжения [7].

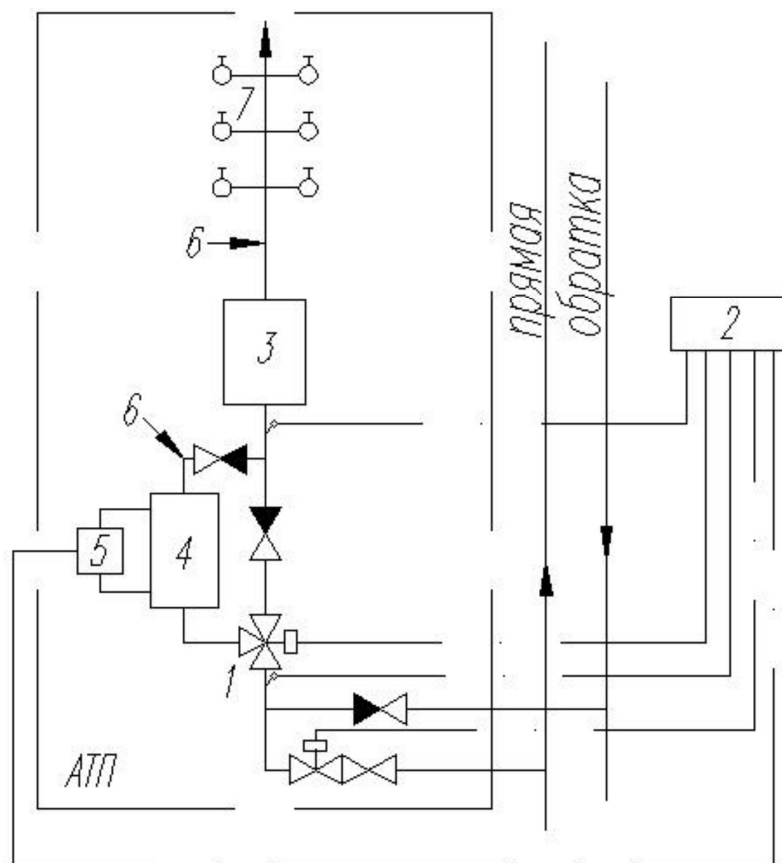


Рис. 4 – Схема по обеззараживанию и очистке сетевой воды: 1 – регулирующий клапан с электроприводом; 2 – блок управления системой; 3 – бак-аккумулятор; 4 – разрядная камера; 5 – источник питания разрядной камерой; 6 – место установки фильтра; 7 – потребители горячей воды.

К таким способам очистки стоит отнести диафрагменный разряд (ДЭР), в канале которого происходят различные процессы, такие как, кавитация, образование перекиси водорода, диффузии ионов металла с поверхности электродов. А при совмещении ДЭР с применением цеолитсодержащих пород Забайкальских месторождений (имеющих огромные запасы >1600 млн. тонн и низкую стоимость < 8 руб. за кг.) повышается суммарное воздействие всего этого, что благоприятно влияет на очистку воды от патогенных микроорганизмов и при этом обработанная вода является раствором для обеззараживания.

Ряд экспериментов, проведенных в этом направлении говорит о том, что обработанная вода, добавленная в нужном соотношении в зараженную может полностью обеззаразить весь поток.

Согласно СНиП [10], температура для централизованных систем горячего водоснабжения, присоединенных к открытым системам теплоснабжения должна составлять 60–75 °С. Поэтому сетевая вода в АТП проходит регулировку в регулирующем клапане 1 до необходимой температуры и далее идет двумя потоками. Первый поток большая часть направляется в бак-аккумулятор 3, второй поток идет в разрядную камеру 4 для обеззараживания и после нее поступает в фильтр 6 с цеолитсодержащими породами. В зависимости от условий работы и химического состава исходной воды фильтр может устанавливаться либо до бака, либо после. В опытах использовался природный цеолит Шивиртуйского месторождения фракция 1 – 3 мм, влажность до 16 %. После фильтра обеззараженный раствор направляется в бак-аккумулятор, где происходит последующая обработка всего потока воды для нужд ГВС. Из бака вода поступает к потребителям 7. Для управления системы предусмотрен регулирующий блок 2. Для контроля температуры воды установлено два датчика: перед регулирующим клапаном 1 и перед бак-аккумулятором 3.

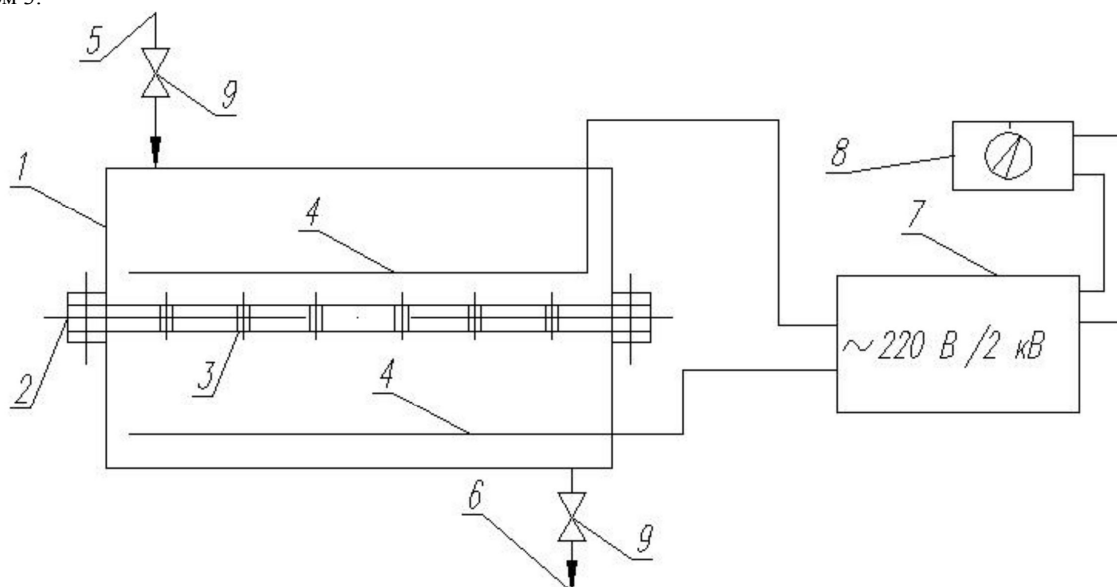


Рис. 5 – Разрядная камера: 1 – корпус разрядной камеры; 2 – диэлектрическая диафрагма; 3 – отверстия; 4 – медные электроды; 5 – входной патрубок; 6 – выходной патрубок; 7 – повышающий трансформатор; 8 – регулятор; 9 – регулировочные вентили.

Разрядная камера 1 представляет собой сосуд, разделенный по середине диафрагмой 2 с отверстиями 3 в ней. В каждой части сосуда находится по медному электроду 4. Вода для обработки 5 поступает в верхнюю область сосуда и через отверстия в диафрагме перетекает в нижнюю, где через патрубок 6 удаляется. В отверстиях диафрагмы между электродами создается ДЭР. Питание электродов происходит от сети переменного тока 220 В, 50 Гц с повышающим трансформатором 7 до напряжения 2 кВ и регулятором 8. На входе и выходе разрядной камеры установлено по вентилю 9 для регулировки расхода жидкости.

Степень обеззараживания воды определялась по пробам, отобраным после фильтра по обычным бактериологическим анализам.

Неоднократные исследования, выполненные на данной установке, позволили установить: зависимость ее бактерицидной активности от температуры воды. Данные эксперименты проводились при различном соотношении расходов между баком-аккумулятором и разрядной камерой. А также при различных режимных факторах. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что с увеличением температуры исходной воды обеззараживающая способность увеличивается. Кроме того, помимо обеззараживания система производит догрев сетевой воды, что в свою очередь уменьшает расход из подающего трубопровода.

Работа по разработке энергоэффективных систем централизованного теплоснабжения проводится в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, а также гранта Президента РФ по поддержке молодых ученых, кандидатов наук.

Литература

1. Goryachikh N.V., Batukhtin A.G., and S.A. Ivanov. Some Methods for Making Cogeneration Stations More Maneuverable// Thermal Engineering. – 2010, Vol. 57, No. 10, pp. 892–896.
2. Батухтин, А.Г. Использование тепловых насосов для повышения тепловой мощности и эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения [текст] / А.Г. Батухтин // Научно-технические ведомости СПбГТУ.– 2010. №2.– С. 28–33.
3. Батухтин, А.Г. Методы повышения эффективности и увеличения располагаемой мощности систем централизованного теплоснабжения [текст] / А.Г. Батухтин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.– 2010. №1 С.– 189–192.
4. Батухтин, А.Г. Методы повышения эффективности функционирования современных систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии [текст] / А.Г. Батухтин, М.С. Басс, С.Г. Батухтин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.– 2009. №2.– С. 199–202.
5. Батухтин, А.Г. Влияние протяженности тепловых сетей на режимы отпуска теплоты от ТЭЦ с учетом функционирования потребителей [текст] / А.Г. Батухтин, О.Е. Куприянов // Промышленная энергетика.– 2005. № 5.– С.39–41.
6. Батухтин, А.Г. Применение оптимизационных моделей функционирования систем теплоснабжения для снижения себестоимости тепловой энергии и увеличения располагаемой мощности станции [текст] / А.Г. Батухтин, В.В. Маккавеев // Промышленная энергетика.– 2010. № 2.– С.7–8.
7. Батухтин, А.Г. Обеззараживание воды в системах централизованного теплоснабжения [текст] / А.Г. Батухтин, В.В. Петин, И.Ф. Суворов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.– 2010. №1.– С. 209–212.
8. Ефимов, Н.Н. Перспективы использования тепловых насосов в энергообеспечении промышленных и коммунальных предприятий [текст] / Н.Н. Ефимов, П.А. Малышев // Теплоэнергетика.– 2009. №11.– С. 30–33
9. Петин, В.В. Современные технологии использования электрической энергии в системах централизованного теплоснабжения [текст] / В.В. Петин, А.Г. Батухтин, А.В. Калугин, П.Г. Сафронов // Научно-технические ведомости СПбГТУ– Спб.– 2010. № 4.– С. 32–38.
10. Строительные нормы и правила. СНиП 2.04.01–85. Внутренний трубопровод и канализация зданий. М.: Госстрой России. 1998. 60с.

Иванов В.Н.¹, Куликова О.М.²

¹ Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» ФГБОУ ВПО Сибирская государственная автомобильно – дорожная академия («СибАДИ»); ² Кандидат технических наук, доцент кафедры «Менеджмент», ФГБОУ ВПО Сибирская государственная автомобильно – дорожная академия («СибАДИ»)

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-РЕСУРСНОЙ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Аннотация

В статье описана методика анализа внешней и внутренней среды промышленного предприятия с позиций информационно – ресурсной теории принятия оптимальных управленческих решений. Приведен алгоритм анализа внешней и внутренней среды промышленного предприятия с применением методов нелинейной динамики, теории хаоса, агентного моделирования и рефлексивного подхода.

Ключевые слова: анализ внешней и внутренней среды промышленного предприятия, теория хаоса, рефлексивный подход, имитационное и агентное моделирование

Ivanov V.N.¹, Kulikova O.M.²

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the "Management" VPO Siberian State Automobile - Road Academy

² Ph.D., assistant professor of "Management", VPO Siberian State Automobile - Road Academy

METHODS OF ANALYSIS OF EXTERNAL AND INTERNAL PROTECTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISE RESOURCE INFORMATION THEORY OF DECISION OPTIMAL MANAGEMENT DECISIONS

Abstract

The article describes the method of analysis of the external and internal environment of the industrial enterprise in terms of information - the theory of optimal resource management decisions. An algorithm for the analysis of the external and internal environment of an industrial enterprise with the use of nonlinear dynamics, chaos theory, agent-based modeling and reflexive approach.

Keywords: analysis of the external and internal environment of the industrial enterprise, chaos theory, reflective approach, simulation and agent-based modeling

Анализ внешней и внутренней сред предприятия позволяет выявить ключевые направления деятельности, описываемые системой сбалансированных показателей, определив «точки разрывов» – области деятельности, в которых существует максимальный разрыв между фактическим вкладом в экономическую эффективность системы и потенциально максимально-возможным. Подобный анализ может иметь расширенное применение [1].

Опишем методику анализа внешней и внутренней среды промышленного предприятия.

Мониторинг и прогнозирование тенденций развития внешней среды предприятия следует проводить в двух направлениях: анализ стабильности внешней среды и исследование поведения (развития) стейкхолдеров, связанных с деятельностью исследуемого предприятия.

Выделим следующие уровни стабильности внешней среды. Высокий уровень – для этого уровня характерно устойчивое прогнозируемое с применением традиционных методов развитие внешней среды. Средний уровень – тенденции развития внешней

среды в достаточной степени прогнозируются с применением традиционных методов анализа временных рядов, но при анализе факторов с применением методов нелинейной динамики можно выделить «слабые сигналы» (по И. Ансоффу), позволяющие предсказывать резкие изменения во внешней среде. Низкий уровень – динамику изменения внешней среды невозможно прогнозировать с помощью традиционных методов анализа временных рядов, возможно лишь прогнозирование общих тенденций развития ситуации с применением методов нелинейной динамики и теории хаоса.

Анализ и прогнозирование стабильности как внешней, так и внутренней среды производится с применением полиномиальной аппроксимации, фазовых сплайн-портретов и нейронных сетей LVQ [3].

Этапы анализа стабильности внешней среды предприятия показаны на укрупненной блок-схеме, приведенной на рисунке 1. Аналогично исследуется внутренняя среда.

Анализ стабильности внешней среды предприятия начинается с определения горизонта прогнозирования с применением экспоненты Ляпунова по формуле:

$$h = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

где λ – экспонента Ляпунова

Экспонента Ляпунова рассчитывается с помощью алгоритма Розенштернана.

Прогнозирование значений временных рядов факторов осуществляется с применением метода полиномиальной аппроксимации одномерного временного ряда. Затем выполняется интерполяция кусочно-кубическими полиномами временного ряда факторов и рассчитываются значения первой производной интерполирующих полиномов, и строится фазовый сплайн-портрет. По оси абсцисс откладываются значения временного ряда факторов, по оси ординат – значения первой производной [2]. Затем рассчитываются показатели по данному портрету [3].

Для определения уровня стабильности внешней среды используются следующие показатели фазового сплайн-портрета: количество квазициклов (циклов); периоды квазициклов (циклов); тип временного ряда по квазипериодичности (резко квазипериодичен, умеренно квазипериодичен, цикличен); амплитуда квазицикла; абсолютный прирост за год; наличие или отсутствие дна квазицикла; наличие или отсутствие вершины квазицикла; тип последнего квазицикла (наиболее нестабильным является тип квазицикла – петля роста).

Фазовый сплайн-портрет строится для каждого исследуемого фактора. Для определения уровня устойчивости внешней среды предприятия использованы нейронные сети LVQ. Для обучения нейронной сети строится обучающая и контрольная выборки и решается задача распознавания.

Исследование поведения стейкхолдеров, связанных с деятельностью предприятия производится с применением агентного моделирования, методов системного анализа, маркетинга и нелинейной динамики, рефлексивного подхода. Алгоритм анализа показаны с применением укрупненной блок – схемы приведен на рисунке 2.

Главным элементом моделирования является агент (актор). Агент – это субъект взаимодействия, регулирующий свое поведение во внешней среде с помощью принимаемых управленческих решений, которые принимаются с учетом тенденций развития внешней среды и влияния других агентов.

Агенты могут быть сгруппированы по заданным признакам. Группы агентов могут подразделяться на подгруппы. Одним из взаимодействующих агентов является исследуемое предприятие, взаимодействующее с другими агентами – стейкхолдерами. Стейкхолдеры – это агенты, заинтересованные в деятельности исследуемого предприятия.

Состояния, характеризующие внутреннюю среду, предпочтения и поведения агентов задаются множеством $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Агент может переходить из одного состояния в другое под воздействием факторов внешней среды, задаваемых множеством $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ факторов, описывающих взаимодействие со стейкхолдерами, задаваемых множеством $F^z = \{f^z_1, f^z_2, \dots, f^z_n\}$, в соответствии набором правил P .

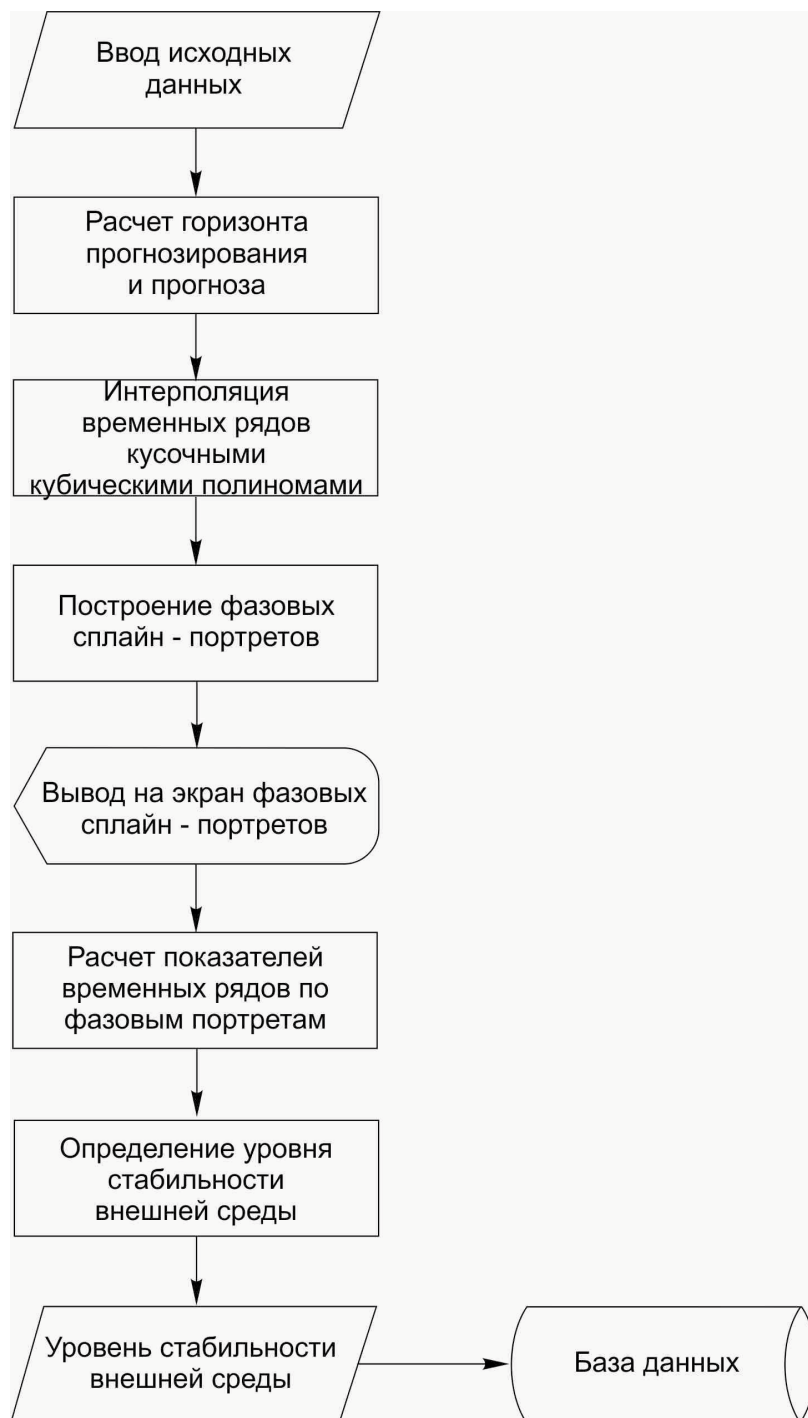


Рис. 1 – Этапы анализа стабильности внешней среды предприятия. Поведение агентов с позиций рефлексивного подхода осуществляется на основании их собственных знаний и представлений о внешней среде и других окружающих их стейкхолдеров. Прогнозирование значений факторов внешней среды может осуществляться с помощью моделей ARIMA (p,d,q), полиномиальной аппроксимации, гибридных или нейронных сетей [4].



Рис. 2 – Укрупненная блок-схема алгоритма анализа поведения исследуемого предприятия и стейкхолдеров во внешней среде

В результате вычислительного эксперимента могут быть получены показатели, характеризующие деятельность агентов и состояние рынка в реальный или прогнозируемый моменты времени.

Анализ рыночных долей, занимаемых агентами-производителями, позволяет выявить изменения в системе конкурентов за анализируемый период и определить тенденции развития. При этом в условиях неполной определенности достаточно иметь информацию по некоторым конкурентам, знать к каким подмножествам их можно условно отнести и удельный вес этих подмножеств агентов.

В полном описании предложенной авторами методики анализа внешней и внутренней среды промышленного предприятия выполненной в рамках гранта РФФИ 13-07-00103 содержатся массивы показателей и факторов, классификационные таблицы и другие материалы. Данная методика анализа применена при описании входных параметров при принятии управленческих решений в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ «Создание теории экономически эффективного генезиса средств производства строительных и транспортных организаций».

Литература

1. Ivanov V.N., Ivanova I.V. COMPETITIVE ADVANTAGES DEVELOPMENT MANAGEMENT TECHNIQUE IN APPLIED SPECIALIST TRAINING PROCESS/ Ivanov V.N., Ivanova I.V. // European Journal of Natural History. 2008. № 1. С. 123-126.
2. Винтизенко И.Г. Экономическая циклотика / Винтизенко И.Г., Яковенко В.С. - М.: Финансы и статистика; Ставрополь: АГРУС, 2008. - 426 с.
3. Куликова О.М. Алгоритм поддержки принятия оптимальных управленческих решений в условиях неопределенности / О.М. Куликова // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. - № 1(11).. – С. 256 – 261.
4. Куликова О.М. Проект программного комплекса для построения сценарных стратегий проектных команд ситуационных центров вузов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 3; URL: www.science-education.ru/97-4666 (дата обращения: 23.07.2013).

Кумыков В.К., Гукетлов Х.М.¹, Гедгагова М.В.²

¹Кандидат физико-математических наук, доцент; ²соискатель, Кабардино-Балкарский государственный университет
ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ И РАБОТЫ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА МОЛИБДЕНА

Аннотация

На основе электронно-статистической теории ориентационной зависимости поверхностной энергии металлов, а также ее корреляции с работой выхода электрона, построены соответствующие диаграммы монокристалла молибдена для граней с малыми индексами в прямоугольной и полярной системах координат.

Ключевые слова: поверхностная энергия, работа выхода электрона, молибден.

Kumykov V.K., Guketlov Kh.M.¹, Gedgagova M.V.²

¹Candidate of physical-mathematical sciences, associated professor; ²graduate student, Kabardin-Balkar state university
THE ORIENTATION DEPENDENCE OF SURFACE FREE ENERGY AND ELECTRON WORK FUNCTION OF MOLYBDENUM

Abstract

On the base of electron-statistic theory of orientation dependence of surface energy of metals and its correlation with electron work function the corresponding charts of molybdenum single crystal with small grain indexes were plotting in rectangular and polar coordinate systems.

Keywords: surface tension, electron work function, molybdenum.

The use of refractory metals and alloys in microelectronics, particularly in ceramics metallization technologies [1-5], allowed to create highly effective and reliable devices with stable working parameters. In this connection the interest of investigators is attracting by molybdenum.

For proper choice of metallization systems, metallic cover structure modeling [6,7], study of specific features of desorption [8,9] and radiation-stimulated effects on the ceramic surfaces [10-13] the reliable data of surface free energy (surface tension) and electron work function are necessary. But there are only a few data for refractory metals [14-22] because of the difficulties of experimental determination of surface parameters at high temperatures and shortcomings of experimental methods [23-32]. Taking in consideration new perspectives of the use of molybdenum in microelectronics, the study of its surface properties is topical.

In the literature there are some data on the surface properties of the polycrystalline molybdenum, however the researches devoted to the studies of their dependence on crystallographic orientation, are extremely seldom. As a rule, there are the data on electron function for the faces of single crystal with small indexes.

The purpose of present work is the plotting of orientation charts dependence of surface free energy and electron work function for a single crystal of molybdenum.

Surface free energy f_ω , being one of the basic parameters of the surface, in the case of single crystals depends on a crystallographic orientation (hkl). This dependence is graphically illustrated by f_ω – chart. The important characteristic of emission properties of a surface is the work function of electron, which is connected with f_ω and also depends on the surface orientation.

Values of surface free energy of smooth faces of the metal single crystals, for rectangular and polar f_ω – charts plotting, were calculated with the use of the formula, developed by S.N. Zadumkin:

$$f_\omega(hkl) \approx \frac{1}{5} n_0(hkl) |W(r_0)| \sum_{j=0}^{\infty} \left[1 + \frac{\delta(hkl)(2j+1)}{2bs\lambda} \right]^{-6}, \quad (1)$$

where $\delta(hkl)$ – interplane distance, $n_0(hkl)$ – number of particles per surface unit of a face (hkl), $W(r_0)$ – energy of a crystal lattice per atom, j – plane number.

The correlation between surface free energy $f_\omega(hkl)$ and work function of electron $\phi(hkl)$ for single crystals had been established by the formula:

$$\phi(hkl) + \frac{B}{z} a^2 f_\omega(hkl) = \text{const}, \quad (2)$$

where B – is a constant depending only on the structure of a metal lattice, a – lattice constant and z – number of free electrons per atom. For polar ϕ – charts plotting let's write formula (2) in the following form:

$$\frac{\phi(hkl)}{\Phi_0} + \frac{f_\omega(hkl)}{f_{\omega 0}} = 1, \quad (3)$$

where: $\Phi_0 = \text{const} = \bar{\phi}(hkl) + \frac{Ba^2}{z} f_\omega(hkl)$, $\bar{\phi}$ – electron work function of

polycrystalline sample, $f_{\omega 0} = \frac{\Phi_0 z}{Ba^2}$.

On fig. 1 the rectangular and on fig. 2 - polar – charts of Mo for a zone [100] are represented. Polar f_ω and ϕ – charts of Cr for the same zone are shown in fig. 3.

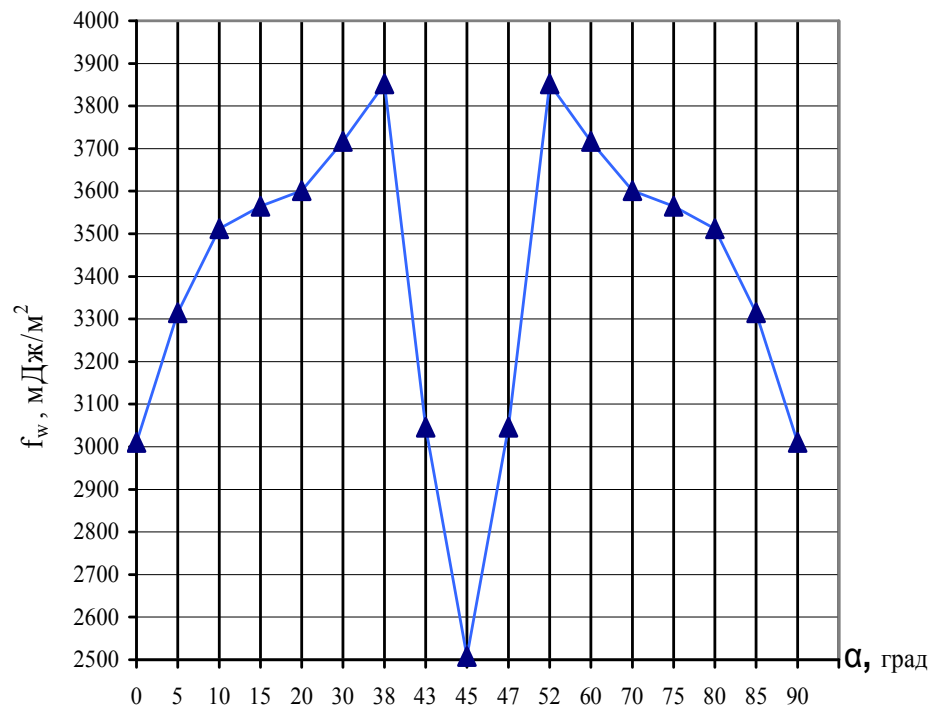


Fig. 1. Rectangular - f_ω – chart of Mo for a zone [100].

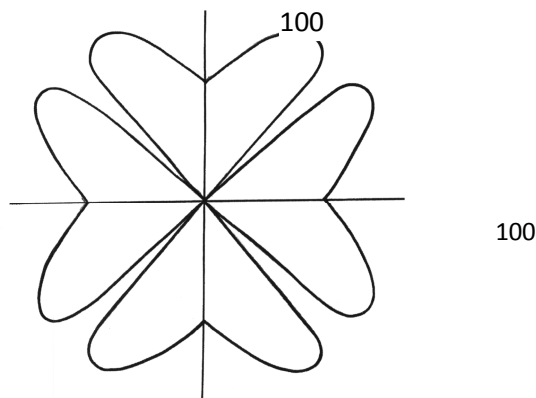


Fig. 2. Polar f_ω – chart of Mo for a zone [100]

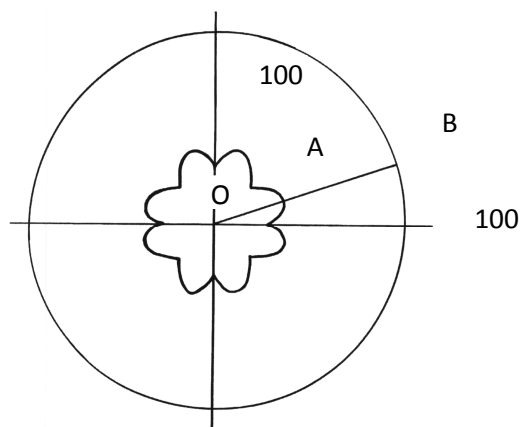


Fig. 3. Polar f_ω and ϕ – charts of Mo for a zone [100]

On figure 2 where the polar chart of zone [100] is represented, the radiuses are $f_\omega(hkl) - f_\omega(100)$ and on fig. 3 $OA=1$; $OB = \frac{f_\omega}{f_{\omega 0}}$ and

$$AB = \frac{\phi}{\Phi_0}.$$

Formulas (1) and (3), also the rectangular and polar charts correctly illustrate the orientation dependence of $f_\omega(hkl)$ and $\phi(hkl)$ of metallic crystals.

Литература

1. Кумыков В.К. О технологиях нанесения металлического покрытия на керамическую подложку // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. - 2009. - № 1. - С. 64-70.
2. Кумыков В.К. К решению задачи Стефана для процесса металлизации керамики // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. - 2009. - № 1. - С. 70-74.
3. Пат. 2263649 Российская Федерация, МПК⁷ С 04 В 41/88. Способ нанесения металлического покрытия на керамический элемент / Кумыков В.К., Гукетлов Х.М.; заявители и патентообладатели Кумыков В.К., Гукетлов Х.М., Гедгагова М.В., Жекамухов М.К. - №2003135115/03; заявл. 02.12.03; опубл. 10.11.05, Бюл. №31. - 5 с.
4. Пат. 2263650 Российская Федерация, МПК⁷ С 04 В 41/90, С 04 В 41/88. Способ металлизации керамики / Кумыков В.К., Гукетлов Х.М.; заявители и патентообладатели Кумыков В.К., Гукетлов Х.М., Гедгагова М.В., Жекамухов М.К. - №2003135114/03; заявл. 02.12.03; опубл. 10.11.05, Бюл. № 31. - 4 с.
5. Пат. 2354632 Российская Федерация, МПК⁷ С 04 В 41/90, С 04 В 41/91. Способ металлизации керамики / Созаев В.А., Кумыков В.К., Сергеев И.Н., Гукетлов Х.М., Гедгагова М.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. - №2007106359/03; заявл. 19.02.07; опубл. 10.05.09, Бюл. № 13. - 5 с.
6. Kumykov V.K. Mathematical modeling of ceramics metallization technology // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. - 2008. - Т. 72. - № 4. - С. 553-555.
7. Кумыков В.К. Математическое моделирование технологии металлизации керамики. Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2008. - Т. 72. - № 4. - С. 586-588.
8. Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Созаев В.А. Электронно-стимулированная десорбция с поверхности алюмооксидных керамик // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2008. - Т. 72. - № 8. - С. 1186-1188.
9. Sergeev I.N., Kumykov V.K., Sozaev V.A. Electron-stimulated desorption from the surface of alumina ceramics // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. - 2008. - Т. 72. - № 8. - С. 1120-1122.
10. Sergeev I.N., Kojokova F.M., Kumykov V.K., Molokanov O.A., Sozaev V.A. Radiation-stimulated effects on the surface of alumina ceramics under high-energy electron and ion irradiation // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. - 2009. - Т. 73. - № 7. - С. 916-918.
11. Сергеев И.Н., Кожокова Ф.М., Кумыков В.К., Молоканов О.А., Созаев В.А. Радиационно-стимулированные эффекты на поверхности алюмооксидных керамик при облучении электронами и ионами высоких энергий // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2009. - Т. 73. - № 7. - С. 972-974.
12. Кумыков В.К., Гукетлов Х.М., Шидов Х.Т., Ошроева Р.З. Влияние некогерентного светового излучения на сопротивление контакта металл-кремний // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2003. - № 2. - С. 30-31.
13. Гукетлов Х.М., Демченко А.В., Кумыков В.К., Манукянц А.Р., Фетисова В.М. Влияние фотонного отжига на структуру и электрические свойства тонких металлических пленок на кремнии // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2006. - № 3. - С. 77-79.
14. Граневский С.Л., Далакова Н.В., Кашежев А.З., Кумыков В.К., Созаев В.А. Поверхностная энергия и работа выхода электрона наноструктур металлических сплавов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники. - 2009. - № 6. - С. 149-153.
15. Kumykov V.K., Guketlov Kh.M. Surface tension of some rare-earth metals in the solid state // Physics of Metals and Metallography. - 1983. - V. 56. - № 2. - P. 185-187.
16. Кумыков В.К., Гукетлов Х.М. Поверхностное натяжение некоторых редкоземельных металлов в твердом состоянии // Физика металлов и металловедение. - 1983. - Т. 56. - № 2. - С. 408.
17. Digilov R.M., Kumykov V.K., Khokonov Kh.B. The measurement of the surface tension of refractory metals in the solid state // The physics of metals and metallography. - 1976. - Т. 41. - № 5. - С. 68.
18. Kumikov V.K. The measurement of the surface tension of some pure metals in the solid state // Materials science and engineering. - 1983. - Т. 60. - С. 23.
19. Кумыков В.К., Гукетлов Х.М., Гедгагова М.В. Измерение поверхностного натяжения материалов электронной техники // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2006. Т. 70. № 4. С. 588-590.
20. Kumykov V.K., Guketlov Kh.M., Gedgagova M.V. Measurement of surface tension of electronic materials // Bulletin of the Russian Academy of sciences: Physics. - 2006. - Т. 70. - № 4. - С. 677-680.
21. Кумыков В.К., Гедгагова М.В., Манукянц А.Р. Поверхностное натяжение цветных металлов на границе раздела твердая фаза - собственный пар // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. - 2006. - № 4. - С. 44-47.

22. Кумыков В.К., Гукетлов Х.М. Исследование поверхностного натяжения, работы выхода электрона стали X18H10T и адгезии к ней ртути и амальгамы таллия // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2004. - № 3. - С. 43.
23. Кумыков В.К., Гукетлов Х.М. Установка для высокотемпературного нагрева в вакууме тугоплавких металлов и сплавов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2004. - № 6. - С. 35
24. Гедгагова М.В., Гукетлов Х.М., Кумыков В.К., Манукянц А.Р., Сергеев И.Н., Созаев В.А. О высокотемпературных измерениях поверхностного натяжения металлов в условиях вакуума // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2007. - Т. 71. - № 5. - С. 631-633.
25. Gedgagova M.V., Guketlov Kh.M., Manukyants A.R., Sozaev V.A., Kumykov V.K., Sergeev I.N. High-temperature measurements of surface tension of metals in vacuum // Bulletin of the Russian Academy of sciences: Physics. - 2007. - Т. 71. - № 5. - С. 608-610.
26. Кашежев А.З., Кумыков В.К., Манукянц А.Р., Сергеев И.Н., Созаев В.А. Зависимость поверхностной энергии металлов от давления // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2009. - Т. 73. - № 8. - С. 1211-1213.
27. Kashezhev A.Z., Kumykov V.K., Manukyants A.R., Sergeev I.N., Sozaev V.A. Dependence of the surface energy of metals on pressure // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. - 2009. - Т. 73. - № 8. - С. 1212-1214.
28. Wu N.J., Kumykov V.K., Ignatiev, A. Vibrational properties of the graphite (0001) surface // Surface Science. - 1985. - V. 163. - № 1. - P. 51-58.
29. Созаев В.А., Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Манукянц А.Р. Влияние малых примесей кислорода в инертном газе и его давления на поверхностное натяжение жидкого индия // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2012. - Т. 76. - № 7. - С. 891.
30. Сергеев И.Н., Кумыков В.К. Исследование диффузии серы в поликристаллической меди методом электронной оже-спектроскопии // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - 2008. - № 2. - С. 68-73.
31. Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Созаев В.А., Шебзухова М.А. Конкурентная сегрегация примесей на поверхности поликристаллической меди // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2008. - Т. 72. - № 10. - С. 1464-1466.
32. Sergeev I.N., Kumykov V.K., Sozaev V.A., Shebzukhova M.A. Competitive segregation of impurities on the surface of polycrystalline copper // Bulletin of the Russian Academy of sciences: Physics. - 2008. - Т. 72. - № 10. - С. 1388-1390.

Фролов С.В.¹, Куцакова В.Е.², Кременевская М.И.³, Гадоев М.Н.⁴

¹Доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; ²доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; ³кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; ⁴магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

УСУШКА ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ

Аннотация

Получены расчетные соотношения для определения усушки пищевых продуктов при замораживании. Соотношения обладают свойством общности, однако, экспериментальная часть проведена на примере быстрого замораживания ягод брусники в аппаратах кипящего слоя. Получено хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: усушка, замораживание, расчетные соотношения.

Frolov S.V.¹, Kutsakova V.E.², Kremenskaya M.I.³, Gadoev M.N.⁴

¹ Doctor of Technical sciences, professor, Saint-Petersburg national University of information technologies, mechanics and optics;

² Doctor of Technical sciences, professor, Saint-Petersburg national University of information technologies, mechanics and optics

³ PhD of Technical sciences, associate professor, Saint-Petersburg national University of information technologies, mechanics and optics; ⁴ postgraduate students, Saint-Petersburg national University of information technologies, mechanics and optics

SHRINKAGE BY FREEZING

Abstract

There were received the calculated ratios to determine shrinkage food products by freezing. These ratios possess the property of generality; however, experimental studies were carried out on example of the quick freezing of bilberry berries in the fluidized air-blast freezer. Good agreement between calculated and experimental dates was obtained.

Keywords: shrinkage, freezing, calculated ratios

В процессе быстрого замораживания пищевых продуктов, в том числе лесных ягод, нежелательным процессом является их усушка. Она происходит за счёт разности влагосодержаний воздуха в области, непосредственно примыкающей к продукту, т.е. в поверхностном слое (d_s , кг/м³), и в ядре омывающего потока (d_a , кг/м³). Для ядра потока в скороморозильном аппарате можно полагать, что относительная влажность воздуха равна единице: $\varphi = 1$. Тогда влагосодержание d_a является однозначной функцией температуры среды T_a , °C, и может быть определено посредством известной эмпирической формулы Филоненко [1]:

$$d = \phi \text{EXP} \left\{ 10,56 - \frac{3654}{T + 230} \right\} \quad (1)$$

В поверхностном слое, где в воздух постоянно поступает испаряющаяся с поверхности влага, влагосодержание d_s зависит как от температуры поверхности T_s , которая, в свою очередь, изменяется в процессе замораживания, так и от свойств обрабатываемого материала. В случае, когда наблюдается усушка в периоде постоянной скорости (что чаще всего и бывает при замораживании) в пограничном слое относительная влажность также может быть принята за единицу.

Для нахождения связи между разностью влагосодержаний и массовым потоком влаги воспользуемся известным соотношением Льюиса:

$$\alpha / \beta = C_a \rho_a \quad (2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от поверхности ягоды, Вт/(м²с); β – коэффициент массоотдачи, м/с; C_a – удельная теплоёмкость воздуха, Дж/(кг·°C); ρ_a – плотность воздуха, кг/м³. Для потока массы используется следующее соотношение

$$dM = \beta S (d_s(T_s) - d_a(T_a)) d\tau, \quad (3)$$

где dM – количество влаги, кг, удаляемое за время $d\tau$, с. Выражая dM из (2) и (3), и интегрируя, получим соотношение для определения общей усушки M :

$$M = \frac{\alpha S}{C_a \rho_a} \int_0^{\tau_f} (d_s(T_s) - d_a(T_a)) d\tau \quad (4)$$

где τ_f – общая продолжительность процесса замораживания.

Для практического использования формулы (4) необходимо знать зависимость температуры поверхности от времени $T_s(\tau)$ и саму продолжительность процесса τ_f . Для этого можно воспользоваться простейшей моделью процесса замораживания, принимаемую при выводе классической формулы Планка [2]. Предполагают, что тепло кристаллизации передаётся

теплопроводностью через замороженный слой, распределение температуры в котором принимается квазистационарным. Пусть наш продукт имеет форму шара радиуса R , который в начальный момент времени $\tau = 0$ имея криоскопическую температуру T_{cr} , омывается в хладоносителем с температурой T_a . Тогда температура его поверхности может быть выражена как функция толщины замороженного слоя Δ :

$$T_s = T_a + \frac{\lambda(T_{cr} - T_a)(R - \Delta)}{\lambda(R - \Delta) + \alpha R \Delta} \quad (15)$$

где λ – коэффициент теплопроводности замороженной части тела, Вт/(м⁰С). Уравнения движения фронта замораживания выглядит следующим образом:

$$\frac{d\tau}{d\Delta} = \frac{q\rho(R - \Delta)}{(T_{cr} - T_a)R} \left(\frac{\Delta}{\lambda} + \frac{R - \Delta}{\alpha R} \right) \quad (6)$$

где q – удельная теплота кристаллизации влаги в теле, Дж/кг; ρ – плотность тела, кг/м³. Продолжительность замораживания определяется интегрированием (6) по Δ от 0 до R . Однако удобнее просто заменить переменную интегрирования в (4) с τ на Δ :

$$M = \frac{\alpha S}{C_a \rho_a} \int_0^R (d_s(T_s(\Delta)) - d_a(T_a)) \frac{d\tau}{d\Delta} d\Delta \quad (7)$$

Формулы (1), (5) – (7) дают нам полное решение задачи о расчёте усушки.

Для проверки теории нами были проведены эксперименты по усушке ягод брусники. Ягоды взвешивались и помещались в скороморозильный аппарат, кипящего слоя, где хладоносителем являлся поток холодного воздуха скоростью 4 м/с. Коэффициент теплоотдачи α рассчитывался по известным эмпирическим формулам [3]. В первом эксперименте температура составляла $T_a = -20$ °С, во втором $T_a = -29$ °С. По окончании процесса ягоды помещали в герметическую упаковку, также предварительно взвешенную. Далее упаковку выдерживали значительное время, чтобы исключить конденсацию влаги на её внешней поверхности, и взвешивали. Из разности масс получали экспериментальную усушку M , которую сравнивали с расчётной. Экспериментальная усушка составила в первом и втором экспериментах соответственно 2,2 % и 1,8 %, расчётная 2,2 % и 1,9 %. Расчётные и экспериментальные данные практически совпадают.

Литература

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. — М. : Энергия, 1968. — 471 с.
2. Чижов Г. Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов / Г. Б. Чижов. — М. : Пищевая пром-сть, 1979. — 271 с.
3. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе. — М. : Атомиздат, 1979. — 415 с.

Великанов А.В.¹, Лиховидов Д.В.², Германович А.С.³, Саяпин И.В.⁴

¹ Кандидат технических наук, профессор; ² кандидат технических наук; ³ доцент; ⁴ соискатель, ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Аннотация

В статье раскрыта актуальность и основные направления развития средств буксировки воздушных судов. В качестве перспективного способа транспортирования рассмотрено использование малогабаритной аэродромной буксировочной системы.

Ключевые слова: буксировщик, воздушное судно, малогабаритное буксировочное устройство.

Velikanov A.V.¹, Likhovidov D.V.², Germanovich A.S.³, Sayapin I.V.⁴

¹ Master of science technical, professor, ² Master of science technical, ³ professor assistant, ⁴ postgraduate student. "Military educational scientific center of Military and air forces "Military and air academy", (Voronezh)"

PROMISING WAY TRANSPORTATION AIRCRAFT

Abstract

The article revealed the urgency and the main directions of development of the means of propulsion of aircraft. As a promising method of transportation discussed the use of small-sized airfield towing system.

Keywords: towing, aircraft, small-sized tow bar.

Обеспечение бесперебойности и безаварийности эксплуатации воздушных судов, базирующихся на аэродромах или совершающих транспортные операции, требует высокого качества аэродромно-технического обеспечения, что в значительной степени определяется наличием необходимых средств наземного обслуживания с высокими эксплуатационно-техническими характеристиками.

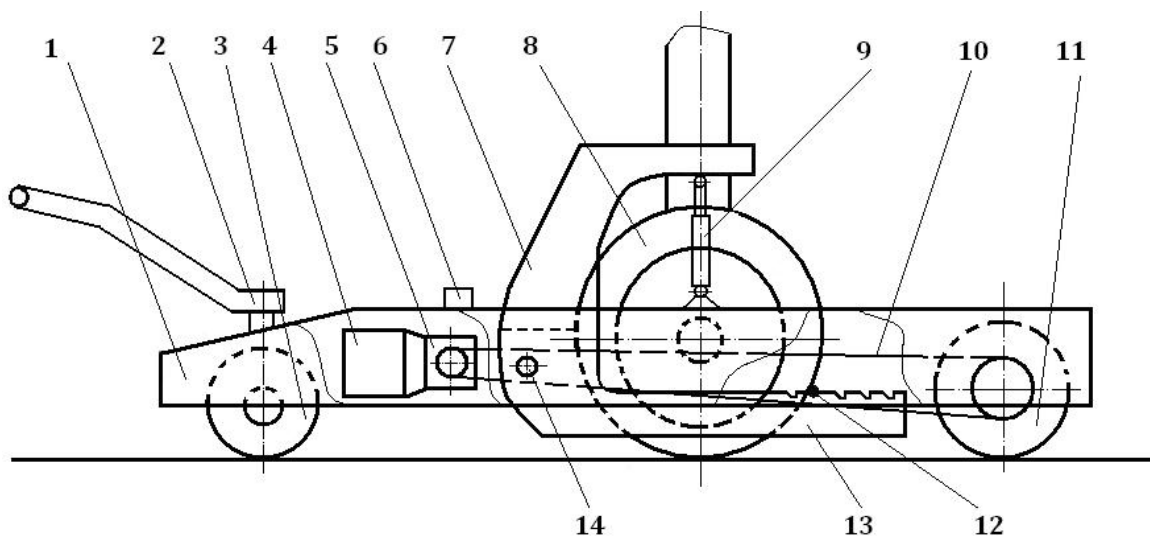
Несмотря на значительно возросший класс воздушных судов (ВС), устройства для их буксировки остаются неизменными. В настоящее время буксировка на аэродромах государственной авиации осуществляется серийно выпускаемыми автомобилями повышенной проходимости общего применения. Существующие тягачи-буксировщики воздушных судов в ряде случаев не выполняют поставленные задачи в связи с тем, что они не в полной мере реализуют тяговое усилие по сцеплению колёсных движителей с опорной поверхностью, развиваемое силовой установкой. Связано это с недостаточностью сцепного веса тягача, буксирующего ВС, а также со значительным уменьшением коэффициента сцепления в зависимости от погодных условий.

Для увеличения тягового усилия буксировщика используется загрузка дополнительного балласта на его шасси [1], что ведёт к повышенному износу узлов и агрегатов тягача и увеличению расхода топлива при холостом пробеге.

Анализ технологических процессов транспортирования ВС свидетельствует о том, что в большинстве случаев перемещение происходит на небольшие расстояния, а в ряде случаев в стесненных условиях из-за малых радиусов сопряжений рулежных дорожек. Также необходимо отметить, что применение штатных колесных тягачей в ангарах, на палубах авианосцев и других условиях ограниченного пространства практически невозможно из-за больших габаритных размеров буксировщиков.

Одним из направлений решения данной проблемы является применение безводильных буксировщиков и малогабаритных устройств для буксировки. Безводильные буксировщики осуществляют буксировку воздушного судна путем загрузки колес передней стойки шасси на свою грузовую платформу.

С учетом проведенного выше анализа сотрудниками ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) разработана конструкция малогабаритного буксировочного устройства для транспортирования воздушного судна, представленная на рисунке 1 [2]. Способ транспортирования осуществляется следующим образом. Малогабаритное буксировочное устройство подъезжает к воздушному судну до соприкосновения упора механизма подъема и фиксации с колесом передней стойки воздушного судна, затем устанавливается фиксатор 12 в прорезь направляющего устройства 13.



1 – рама; 2 – поворотная цапфа; 3 – управляемые колеса; 4 – силовой агрегат; 5 – сцепление с редуктором; 6 – насос с распределителем; 7 – механизм подъема и фиксации колеса передней стойки воздушного судна; 8 – колесо передней стойки воздушного судна; 9 – гидроцилиндры; 10 – привод ведущих колес; 11 – ведущие колеса; 12 – фиксирующий палец; 13 – направляющие с прорезями для колеса передней стойки ВС; 14 – поворотная ось механизма подъема и фиксации колеса передней стойки воздушного судна.

Рис/ 1 – Малогабаритное устройство для буксировки воздушных судов

Гидравлическим насосом 6 с распределителем создается давление, подаваемое посредством распределителя в гидравлические цилиндры 9 механизма подъема и фиксации 7 колеса передней стойки воздушного судна, в результате чего передняя стойка воздушного судна приподнимается и создается усилие догрузки ведущих колес 11 устройства весом, приходящимся на переднюю стойку воздушного судна. Далее оператор начинает транспортирование воздушного судна, осуществляя маневрирование с помощью поворотного механизма 2 и управляемых колес 3 буксировочного устройства.

Применение данного устройства для буксировки ВС в ангарах и на стоянках и в других стесненных условиях позволяет повысить тягово-сцепные свойства буксировщика и получить ряд преимуществ перед колесными тягачами:

- сокращение личного состава, задействованного при данной операции;
- отсутствие балластного груза для догрузки движителя тягача;
- отсутствие дополнительного устройства (водила) для связи тягача и воздушного судна;
- уменьшение габаритных размеров тягача и повышенная маневренность;
- возможность применения безводильных тягачей на любых площадках, в том числе в условиях ограниченного пространства (ангары, палубы кораблей, стоянки ВС и др.) и для разных типов самолетов;
- сокращение времени подготовки к буксированию и последующего отсоединения тягача от воздушного судна.

Для определения преимуществ безводильных буксировщиков и малогабаритных устройств для буксировки воздушных судов перед штатными колесными тягачами проведен сравнительный анализ их тягово-сцепных свойств [3]. Такой анализ показывает, что эффективность применения безводильных тягачей на 12–17% выше, чем у штатных автомобильных тягачей.

Таким образом, разработанный перспективный способ транспортирования ВС с использованием малогабаритной аэродромной буксировочной системы позволяет обеспечить надежную всесезонную эксплуатацию.

Литература

1. Канарчук Г.Н. Авиационная наземная техника. М.: Транспорт, 1989.-407с.
2. Великанов А.В., Германович А.С., Проскурин Р.А. Малогабаритное устройство для буксирования воздушных судов. // Патент РФ № 2483988, опубликован 10.06.2013. Бюл. № 16.
3. Барбашин С.В., Великанов А.В., Пурусов Ю.М. Основы теории и расчёта аэродромных колёсных тягачей: уч. пособие. Воронеж, ВВВАИУ, 2000. -119 с.

Макаров С.В.¹, Гурова Е.Г.², Бахвалова А.В.³, Филатова О.А.⁴

¹Аспирант, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»; ²кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»; ³студентка, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»; ⁴студентка, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЛОКА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ ЗАПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ

Аннотация

В статье рассмотрено – возможность применения суперконденсаторной батареи в системах запуска дизельного двигателя маневровых тепловозов. Расчет параметров схемы замещения системы запуска дизельного двигателя.

Ключевые слова: тепловоз, суперконденсаторная батарея, аккумуляторная батарея.

Makarov S.V.¹, Gurova E.G.², Bakhvalova A.V.³, Filatova O.A.⁴

¹ PhD student, VPO «Novosibirsk State Technical University»; ²kandidat technical sciences, VPO «Novosibirsk State Technical University»; ³ student VPO «Novosibirsk State Technical University»; ⁴ student VPO «Novosibirsk State Technical University»

DETERMINE THE OPTIMUM PARAMETER UNIT IN SUPERCAPACITORS START THE DIESEL ENGINE DIESEL LOCOMOTIVES

Abstract

In the article - the ability to use supercapacitor battery systems start the diesel engine shunting locomotives. The calculation of equivalent circuit parameters of the system start the diesel engine.

Keywords: locomotive, supercapacitor battery, rechargeable battery.

В России тепловозы распространены по всей сети железных дорог и выполняют около 98% маневровой работы, около 40% пассажирских и грузовых перевозок. В настоящее время в структуре парка маневровых тепловозов порядка 80% приходится на тепловозы серий ТЭМ-2 различных модификаций и ЧМЭЗ.

Низкая эффективность транспортных предприятий в последнее десятилетие, объясняется критическим старением и неудовлетворительным техническим состоянием парка маневровых тепловозов. Решение этой проблемы только закупкой новых тепловозов не представляется возможным, причиной тому высокая стоимость одной единицы подвижного состава. По данным ОАО «РЖД» за 2010-2011 годы ежегодный объем поставок тепловозов серии ТЭМ18ДМ и ТЭМ7А составлял менее 100 единиц. В то же время, по расчетам аналитиков INFOLine, только для замещения, выбывающего в связи с моральным и физическим износом необходимо не менее 200 единиц подвижного состава.

В этом случае наиболее оправданным способом поддержания технического состояния парка маневровых тепловозов является комплексная модернизация, направленная на повышение энергетических показателей и срок эксплуатации техники. Основным решением этих проблем является совершенствование системы запуска дизельного двигателя маневровых тепловозов.

В работе рассматривается возможность применения суперконденсаторной батареи в системах запуска дизельного двигателя маневровых тепловозов.

Суперконденсаторная батарея в составе системы запуска тепловоза позволяет преодолеть механическое сопротивление на стартовое раскручивание коленчатого вала (1,5–2 сек), что существенно снижает пиковую токовую нагрузку на штатную аккумуляторную батарею в первоначальный момент запуска. Использование же импульсной системы управления, позволяющей управлять процессом заряда и разряда суперконденсаторной батареи, позволяет снизить емкость штатной аккумуляторной батареи в 1,5–2 раза. Полностью отказаться от использования аккумуляторной батареи в системе запуска является не рациональным, в связи с постоянной нагрузкой: масляные и топливные насосы, осветительные приборы, устройства подогрева воздуха и воды. Суммарная мощность вышеперечисленной постоянной нагрузки составляет сотни кВт.

В работе рассматривается расчет параметров схемы замещения системы запуска дизельного двигателя, необходимых для определения оптимального значения электрической емкости суперконденсаторной батареи для обеспечения надежного запуска при совместной работе с аккумуляторной батареей. Запуск осуществляется в два этапа: 1 этап – питание от суперконденсаторной батареи; 2 этап – питание от аккумуляторной батареи [1].

Полученные в работе данные позволяют сделать вывод о том, что наиболее качественный расчет значений параметров схемы замещения для электрической цепи запуска, необходимых для определения оптимального значения электрической емкости суперконденсаторной батареи при реализации двухэтапного режима запуска, представляется возможным выполнить по вольт-секундным и ампер-секундным характеристикам неуспешного запуска дизельного двигателя от блока суперконденсаторов. Проведенные исследования показали: режим работы аккумуляторной батареи в момент запуска стал более щадящим, величина пусковых токов, установленная заводом изготовителем, снизились в 1,5 раза.

Дальнейшие работы в данной области предполагают проведение проверки полученных значений при помощи компьютерного моделирования в прикладных программах Matcad и Matlab, а также апробации предложенной методики в полевых условиях эксплуатации тепловозов.

Литература

1. Макаров С. В. Гурова Е.Г., Ледовских А.В. Модернизация системы пуска дизеля маневрового тепловоза ТЭМ-2 / С. В. Макаров, Е. Г. Гурова, А. В. Ледовских // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2013. - № 1. - с. 175-178
2. Скалин А.В. Бухтеев В.Ф., Кононов В.Е., Электрические машины и аккумуляторные батареи тепловозов / А.В. Скалин, В.Ф. Бухтеев, В.Е. Кононов – Москва. – Желдориздат Трансinfo, 2005. – 234 с.
3. Тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ 2 - Москва. - издательство «Транспорт», 1972. – 256 с.
4. Заболотный Н.Г., Устройство и ремонт тепловозов. Управление и техническое обслуживание тепловозов / Н.Г. Заболотный – Москва. – ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 478 с.
5. Андриянов В.Н., Электрические машины и аппараты / В.Н. Андриянов – Москва. – «Колос», 1971. – 448 с.

Головкова Е.В.¹, Медведева Е.В.², Каленик Т.К.³

¹Магистр; ²аспирант; ³доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии продуктов из животного сырья и функционального питания, заместитель директора по учебно-воспитательной работе, Дальневосточный федеральный университет, Дальневосточный федеральный университет

НАПИТКИ МОЛОЧНЫЕ, ОБОГАЩЕННЫЕ ДОБАВКОЙ ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ «ФУКОЛАМ-С»

Аннотация

В статье - изложено обоснование использования функциональных ингредиентов – полисахаридов из бурых водорослей – фуколама в технологиях молочных продуктов.

Ключевые слова: молочный напиток, функциональные продукты питания, «Фуколам-С».

Golovkova E.V.¹, Medvedeva E.V.², Kalenik T.K.³

¹Student; ²post-graduate student; ³Doctor of biological Sciences, Professor, head of the Department of biotechnology products from animal raw materials and functional food, Deputy Director on teaching and educational work, Far Eastern Federal University

DRINKS DAIRY, ENRICHED WITH THE ADDITIVE FROM BROWN ALGAS OF "FUKOLAM-C"

Abstract

In article - justification of use of functional ingredients – polysaccharides from brown algae – fucolama in technologies of dairy products is stated.

Keywords: milk drink, functional food, «Fukolam-C».

Все больше отечественных пищевых предприятий начинают выводить на рынок продукты, которые не только обладают улучшенными питательными свойствами в традиционном смысле, но и восполняют дефицит определенных нутриентов в рационе. Одним из таких продуктов являются молочные напитки, обогащенные различными биологически активными добавками морского генеза. Это особенно актуально в Дальневосточном регионе из-за наличия протяженной прибрежной зоны, где может вестись добыча водорослей для последующей переработки их и выделения полисахаридов. В состав БАД входит полисахарид – фукоидан, компонент добавки «Фуколам-С».

Последнее десятилетие введение добавки «Фуколам – С» в состав пищевых продуктов обусловлено как и его химическим составом (обогащающий агент по микро- и макроэлементам), так и в качестве протекторной добавки благодаря входящему в его состав фукоидану. Фукоидан обладает антиоксидантной активностью. Антиоксиданты (антиокислители) – природные или синтетические вещества, способные замедлять окисление, они защищают клеточные мембраны от действия свободных радикалов и ионизирующего излучения. Также фукоидан обладает противовирусной активностью, способствует лечению различных вирусных заболеваний, противоопухолевой активностью, подавляет эндогликозидазную активность опухолевых клеток, восстанавливает функции организма пациентов, прошедших интенсивный курс химиотерапии. Кроме того, фукоидан тормозит развитие аллергических реакций и разрушение тканей. Установлено, что фукоидан ингибирует развитие атеросклеротических бляшек, способствует уменьшению уровня холестерина в крови человека. Один из механизмов положительного действия фукоидана на организм человека – его влияние на уровень глюкозы и холестерина в сыворотке крови. Он замедляет всасывание глюкозы из

кишечника в кровь и нормализует уровень сахара в крови. Таким образом, фукоидан эффективно участвует в нормализации липидно-углеводного обмена, а также способствует повышению резистентности организма. «Фуколам – С» активно используется в пищевой промышленности в качестве добавок к хлебным изделиям, мясным и молочным продуктам, включая мороженое [2,1].

Нами проведены исследования по созданию комбинированного функционального продукта на основе молока с использованием биологически активного природного комплекса соединений, входящих в состав бурой водоросли (ламинарии японской) - "Фуколам-С".

В результате эксперимента установлена возможность комбинирования молочной основы и биологически активной добавки "Фуколам-С". Исследована динамика органолептических и физико-химических показателей и безопасности молока, обогащенного "Фуколам-С".

Литература

1. Облучинская Е.Д. Технологии лекарственных и лечебно-профилактических средств из бурых водорослей – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2005. - 164 с.

2. Новые хлебобулочные изделия функционального назначения / Смертина, Е.С., Каленик, Т.К., Федянина Л.Н. // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. – 2009. - № 3. – С. 53-59.

Микитинский М.С.

Кандидат технических наук

ОЦЕНКА ГРУНТОВОЙ КОРРОЗИИ ФУНДАМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОПОР

Аннотация

В статье описаны сезонные измерения коррозии фундамента демонтированной опоры линии высокого напряжения. Кривые, полученные методом электрохимической поляризации, обработаны способом линейной регрессии. Результаты этих исследований могут найти применение в мониторинге воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: коррозия, поляризационные кривые, регрессионный анализ.

Mikitinsky M.S.

Ph.D.

SOIL CORROSION ESTIMATION OF ELECTRICAL SUPPORT FOUNDATIONS

Abstract

The polarization method has been applied for corrosion measurements of demounted electrical support legs. Corrosion estimation of the base during droughty period coincides with results of measurements at moist top layer of ground. It allows to use for checks of base the long period without rain. The coefficients of anodic and cathodic polarization are defined by regression analysis. The results of these researches may be use by monitoring of high voltage lines.

Keywords: corrosion, polarization curves, regression analysis.

Introduction

The zinc steel, what placed in concrete, is provided with protection. However presence of defects and cracs in concrete environment allows, that moisture and salts penetrate to surface of steel, causing corrosion. Visual control does not guarantee detection of corrosion, especially below a level of the ground. Opening of foundation ditch and removing of concrete – expensive and labor - consuming procedure.

The known phenomenon of polarization: change of electrical equilibrium potential at influence of external current is used as alternative. For creation of this current was used the circuit EMF 5-10V (constant). Firm "Cormon" (England) produces an instrument TLIM (Tower Leg Integrity Monitor) for mass check of support bases corrosion estimation [1].

One condition of this method – humidity of soil, where is a foundation. In areas with long droughty period (for example, Israel) there are difficulties for application this method.

Comparison of results in dry and moist soils is purpose of researches, what carried out by us. Also it is necessary to establish dependence of results from duration influence of electric current, since theoretical dependences of electrochemical polarization concern to the certain stage of this process.

The electrical current in limits 0.1- 0.5 mA is created by 6V direct current source, and electrical potential is measured by digital millivoltmeter. A reference electrode Cu/CuSO₄ is placed into soil on distance 10 - 15cm from foundation.

Corrosion Current and Polarization Resistance

Connection of corrosion current and electrochemical polarization processes is established in mathematical form is established by M.Stern and A.Geary [2]. Afterwards this dependence has been applied by F.Mansfeld in laboratories researches for comparison of experimental and theoretical polarization curve [3]. It has been allowed to find anodic and cathodic polarization coefficients and using polarization resistance, what is measured, to calculate corrosion current of metal.

In accordance with model, what was accepted in electrochemistry, corrosion current is oxidation current, what arises in anodic zones on metal surfaces. At equilibrium the oxidation current is equal to a reduction current of oxidizer (for example, hydrogen ions or oxygen atoms).

The reduction current arises in cathodic zones of metal surface, what is closed to solution, and is directed opposite to oxidation current. According Tafel Law, at the certain stage there are correlations for oxidation current density (i_a) and reduction current density (i_c):

$$i_a = i_{corr} \exp[2.3(E - E_{corr})/b_a] \text{ and } i_c = i_{corr} \exp[-2.3(E - E_{corr})/b_c], \quad (1)$$

where i_{corr} and E_{corr} - current density and metal potential, E - potential of metal, what is established at polarization (overvoltage), b_a and b_c - polarization coefficients.

If corroding metal is connected to positive pole of direct current source in circuit will arise not only anodic current (i_a), but also opposite cathodic current (i_c), and the current i in circuit will be equal:

$$i = i_a - i_c = i_{corr} \{ \exp[2.3(E - E_{corr})/b_a] - \exp[-2.3(E - E_{corr})/b_c] \}. \quad (2)$$

We'll consider a case when polarization occurs at the minimal current I , and $E - E_{corr} \rightarrow 0$.

We'll present an exponent by series: $\exp(x) = 1 + x + 0.5 x^2 + \dots$. Also we'll limit by first two composed and

$$\exp[2.3(E - E_{corr})/b_a] - \exp[-2.3(E - E_{corr})/b_c] = 2.3(E - E_{corr})(1/b_a + 1/b_c) =$$

$$= 2.3[(b_a + b_c)/b_a b_c](E - E_{corr}).$$

Then the equation (2) will become $i = i_{corr} [2.3(b_a + b_c)/b_a b_c](E - E_{corr})$. (3)

From here the density of corrosion current will be expressed by Stern and Geary formula:

$$i_{corr} = [b_a b_c / 2.3(b_a + b_c)](1/R_p), \quad (4)$$

where $R_p = \lim (E - E_{corr})/i$, if $(E - E_{corr}) \rightarrow 0$, is called "polarization resistance".

Having substitute the formula (4) in expression (2), we'll receive Mansfeld equation:

$$2.3 R_p i = [b_a b_c / (b_a + b_c)] \{ \exp[2.3(E - E_{corr})/b_a] - \exp[-2.3(E - E_{corr})/b_c] \}. \quad (5)$$

The equation (5) was used in laboratory researches of iron corrosion in H_2SO_4 solution.

In such experiments i – the density of external current (in mA/sm^2) and R_p – polarization resistance (in $\Omega\cdot sm^2$) were represented as accessible to supervision constance. At research of underground corrosion of the ferroconcrete bases the area of metal surface is not supervised. In this case it is necessary to pass to integral parameters I and r_p , according to relations:

$$I = iS \text{ and } r_p = R_p/S, \quad (6)$$

where S – area of all surface of corrosion damages, I – external current what is measured by milliamperimeter (in mA), r_p – polarization resistance at this current (in Ω).

After substitution from expressions (6) to left part of equation (5) we'll have:

$$2.3I_p I = [b_a b_c / (b_a + b_c)] \{ \exp[2.3(E - E_{corr}) / b_a] - \exp[-2.3(E - E_{corr}) / b_c] \} \quad (7)$$

Anodic Polarization of Electrical Support Foundation

Measurements were carried out in Israel last months rainy (May, 2004) and droughty (November, 2003) periods. At dry ground the contact place of reference electrode with soil was exposed to humidifying prior to measurements beginning and during all supervision time. The external electric current was adjusted from 0.15 mA up to 0.50 mA through 0.05 mA . Electrical potential of steel armature in relation to surrounding ground was fixed with accuracy 1mV.

As can see from diagrams (Fig.1 and Fig.2), polarization curves are closed very much, exception at dry ground, although this case polarization curves after $t = 1.0$ and $t = 2.0$ hours are closed to curve at $t = 0$ hour too.

Regression Analysis for Coefficients b_a and b_c

The equation (7) is represented as regression if to regard his *left* part as **experimental** dependence of current I from potential change ($E - E_{corr}$). Then *right* part of this equation represents **theoretical** dependence for the same variable ($E - E_{corr}$). Mansfeld entered variables w and x , what connected with required polarization coefficients [3]:

$$b_a = 1 / (w + x) \text{ and } b_c = 1 / (w - x) \quad (8)$$

The linear regression is possible if intermediate parameter w is expressed by form

$$w = w_0 + z, \quad (9)$$

where w_0 - some arbitrary significance, and $z \ll w_0$ is small parameter. Finally nonlinear equation (7) has been presented by linear form:

$$\ln[(2.3I_p w_0 I) / sh(w_0 P)] \approx Px + (1 / w_0) \{ [(w_0 P) / th(w_0 P)] - 1 \} z, \quad (10)$$

where $P = 2.3(E - E_{corr})$, $sh(w_0 P)$ and $th(w_0 P)$ – hyperbolic functions.

The equation system (10) with size n (number measurements) is processed by **least squares** method, and variables x and z are defined from corresponding *normal* equations. This procedure was realized by computer [4,5].

For definition of polarization coefficients b_a and b_c are taken the experimental data, corresponding to polarization during $t = 2$ hours. Besides by those calculations, significances of

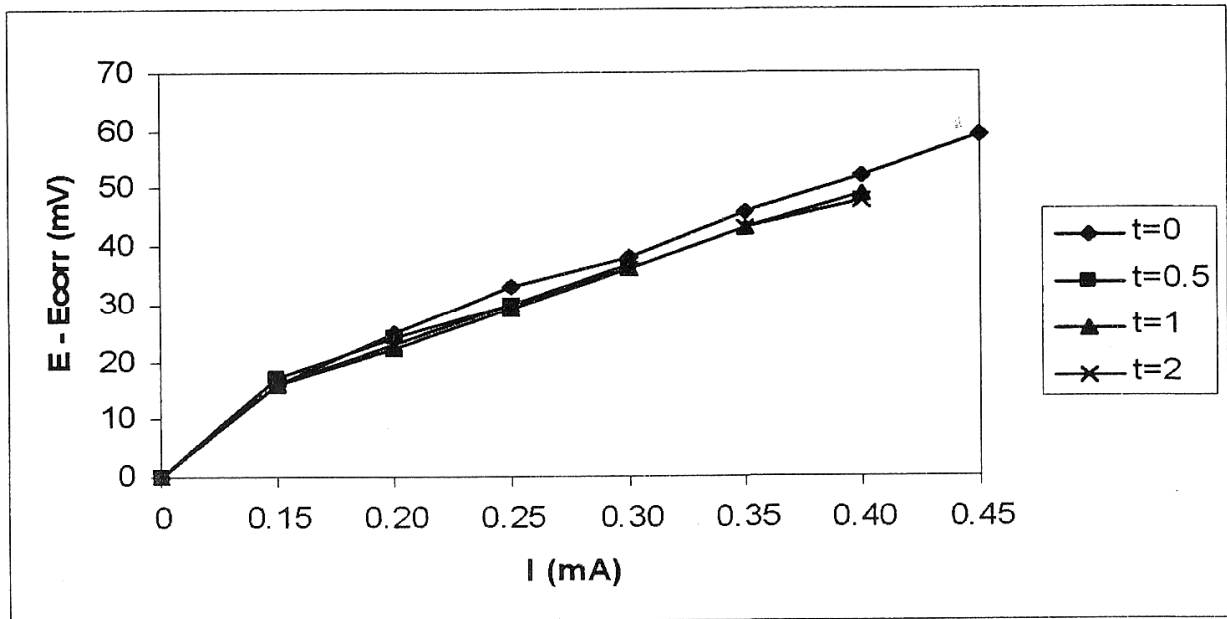


Fig.1 - Polarization Curves (moist Soil)

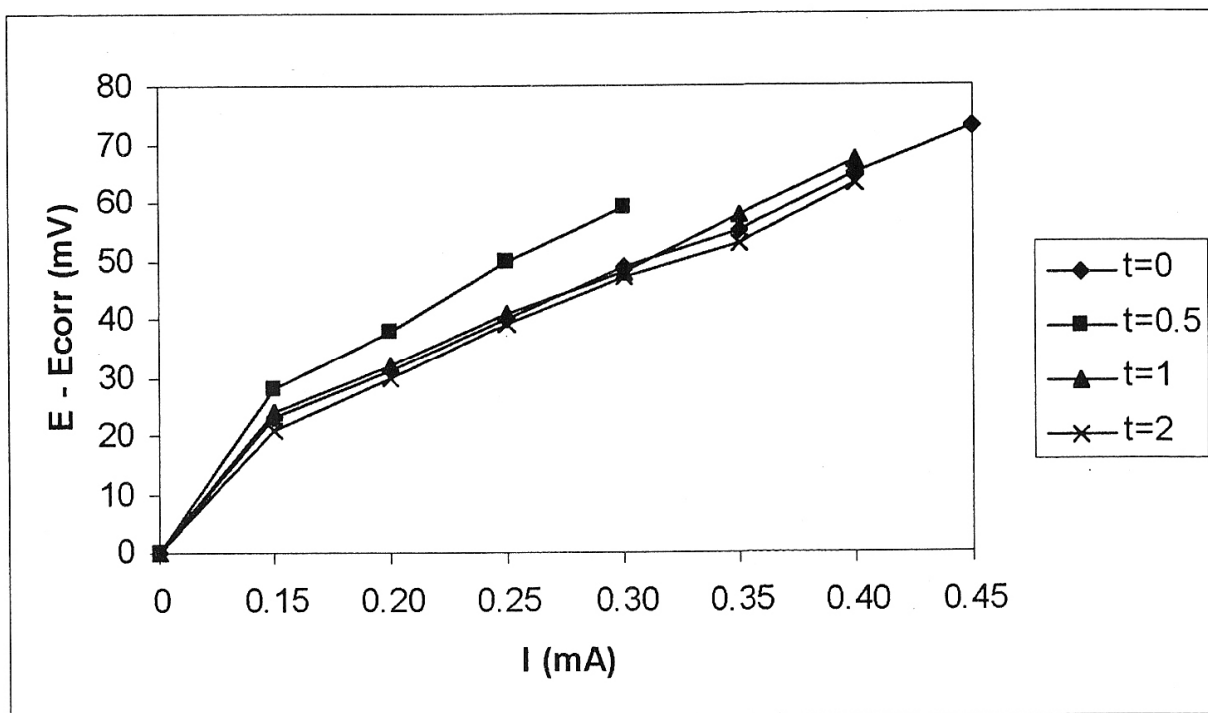


Fig.2 – Polarization Curves (dry Soil)

variable w from range what specified in Tab.1, are used. Finally w_0 , bringing to minimal value z/w_0 , is picked out. In the same table there are significances of polarization coefficients what we have found.

Table 1 - Calculation Data

soil	w	W_0 mV	z/w_0 %	b_a mV	b_c mV
moist	0.0030 - 0.0043	0.0041	- 0.5	386	179
dry	0.0015 - 0.0035	0.0033	+1.0	439	228

Corrosion current I_{corr} is calculated under formula $I_{corr} = [b_a b_c / 2.3(b_a + b_c)](1/r_p)$ what is followed from formula (4). Besides $b_a b_c / 2.3(b_a + b_c) = B$ is marked (Tab. 2).

Table 2 - Comparison of Results

soil	I_{corr} mA	r_p Ω	B mV
moist	0.5	107	53
dry	0.5	140	65

The comparison result of corrosion currents gives the reason to consider, that top layers of ground, which are exposed atmospheric precipitation, do not exert determining influence on the corrosion deterioration of reinforcing foundations. However such parameters as polarization resistance r_p and corrosion factor B can differ for dry soil and moist soil.

Conclusions

The ferroconcrete base was exposed to polarization by direct current 0.15mA during two hours. The polarization curves, what have received after one hour and two hour practically coincide with curve what have received at initial moment of polarization.

The measurements of polarization resistance and coefficients can be made either in moist ground or dry ground if contact place of reference electrode with ground is exposed to sufficient humidity.

Corrosion current what was determined as result of measurement and calculation has the same value in moist and dry soil. This means that corrosion process leading to deterioration of the base affects deep soil layers and no layers what close surface of ground.

Литература

1. Tower Leg Integrity Monitor. – Operating Manual , “Cormon”, 1986
2. Stern, M. and Geary, A. A Theoretical Analysis of the Shape of Polarization Curves. - //Journ. of Electrochem. Soc.,- 1957, 1, P. 56 - 63
3. Mansfeld, F. Tafel Slopes and Corrosion Rates from Polarization Resistance Measurements. - //Corrosion, NACE, 1973, 10, P. 397 - 402
4. Микитинский М.С. Применение электрохимической поляризации для оценки коррозии железобетонных фундаментов опор ВЛ. - //Энергетика за рубежом, М.: «Энергопрогресс», - 2005, 6 , С. 33 - 39
5. Микитинский М.С. Оценка коррозии железобетонных фундаментов металлических опор. - //Энергетика за рубежом, М.: «Энергопрогресс», - 2008, 1 , С. 49 - 52

Мирам А.О.¹, Белов В.М.², Белов Ю.В.³

¹Профессор, кандидат технических наук; доцент, кандидат технических наук; инженер-проектировщик ТГВФГБОУ ВПО Московский государственный строительный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НУЖД

Аннотация

Утилизация теплоты нагретого металла при его производстве позволяет значительно уменьшить потребление энергоресурсов, уменьшить себестоимость производимой продукции и улучшить экологическую обстановку.

Ключевые слова: утилизация, вторичные, энергоресурсы, экология.

Miram A.O.¹, Belov V.M.², Belov Y.V.³

¹Professor, PhD in Technical Sciences; ²Associate Professor, PhD in Technical Sciences; ³Engineer Moscow State University of Civil Engineering

USE WASTE ENERGY IN FERROUS METALLURGY LAST FOR HEAT SUPPLY AND TECHNOLOGICAL WANT

Abstract

Utilization warmth heated metal close to it production allow considerable diminish use energy supply diminish cost price make produce and then improve ecological furniture.

Keywords: utilization, repeated, energy supply, ecology

Энергосбережение в металлургии

Металлургия является одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности. При этом характерной особенностью металлургических процессов является то, что наиболее значительная часть (до 80-90%) энергетических ресурсов тратится не на процессы нагрева и отопления, а именно на реализацию собственно технологий [1 -6].

За последние двадцать лет удалось добиться сокращения расхода энергии в мировой металлургии свыше 30%. Показатель энергопотребления в главных европейских металлургических заводах полного цикла в настоящее время составляет менее 20 ГДж (682 кг т у.т.) на тонну жидкого металла, причем почти 100% потребности в паре, тепле и электроэнергии могут покрываться за счет их выработки на базе металлургических газов.

Эффективное использование ВЭР позволяет замещать покупные тепловые энергоресурсы, что значительно снижает энергоемкость и себестоимость продукции.

Другая очень характерная особенность в развитии металлургической промышленности западных стран – это массовое использование передовых энергосберегающих технологий.

Необходимость проведения активной политики энергосбережения в российской металлургии обосновывается в основном тем, что в настоящее время на производство и обработку металлов в нашей промышленности приходится более половины энергозатрат из общего их потребления.

Одна из определяющих причин такой тенденции – повышенные расходы топливно-энергетических ресурсов на единицу продукции для большинства металлургических переделов на отечественных заводах по сравнению со среднемировыми показателями, в процентах:– производство стали – 50;– производство стального проката – 80-100; Такое состояние с энергоемкостью продукции диктует необходимость целенаправленной энергосберегающей политики. Стратегические подходы связаны, как правило, с реконструкцией производства, внедрением новых энергосберегающих технологических процессов. В этом плане следует отметить ряд мероприятий.

По данным металлургического производства и использования вторичных энергоресурсов на них, следует, что после разлива чугуна и стали в формы и после прокатного стана тепло раскаленного металла ни как не используется.

Годовой объем производства стали:- в России более 70 млн.т

чугуна 44 млн.т

Средняя температура чугуна и стали при разливке и прокате 1000⁰С

Удельный массовый коэффициент теплоемкости

стали $C_p = 0,47 \text{ кДж/(кг*гр.)}$

чугуна $C_p = 0,5 \text{ кДж/(кг*гр.)}$

В соответствии с приведенными данными тепловой потенциал, которым обладает чугун, и сталь при производстве не используемый в качестве вторичных энергоресурсов составляет

При производстве чугуна по России 22000 млн. МДж тепловой энергии

При производстве стали по России 32900 млн. МДж тепловой энергии

Суммарный тепловой потенциал по России 54900 млн. МДж тепловой энергии, что соответствует мощности котельной 1740 МВт

При охлаждения нагретого металла в герметических емкостях водой можно получать энергоресурсы в виде пара, который можно использовать для технологических процессов производства или получения теплоносителя воды для теплоснабжения..

Максимальное использование ВЭР и внедрение энергосберегающих мероприятий решает одновременно экологические проблемы на предприятиях и позволяет уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу.

На рис. показана степень загрязнения атмосферы от Подольского химко-металлургического завода производительностью 300 тыс.т в год, можно представить какая картина к примеру на Новолипецком металлургическом комбинате производительность, которого выше в 30 раз.



Карта рассеивания от Подольского химико-металлургического завода - пыль мкг/м³

Литература

1. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии. П.С.Колобков, В.Д.Осипенко. «Техника», Киев 1979г.
2. Основные концептуальные положения энергосбережения на предприятиях черной металлургии. А.А.Злобин, В.Н.Курытов, А.П.Мальцев, Г.А.Романов. : журнал «Экологические системы» №5 2005г.
3. Новый взгляд на решение задач черной металлургии. В.И.Смтас, И.А.Султангузин, НТЦ «ЛАГ Инжиниринг», М: 2000г.

4. Энергоэффективность на предприятиях черной металлургии. Г.И.Розенблит. М; Гипромет. Деловая слава России.
5. Повышение эффективности ТЭЦ-ПВС металлургического комбината при использовании парогазовых установок. Ю.В.Яворский. М; 2007г.

Мирная К. Ф.¹, Ермолаева Е. О.²

¹Аспирант, ²доктор технических наук, доцент, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
АКТУАЛЬНОСТЬ ПОДБОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БРОЙЛЕРОВ

Аннотация

Бройлерами называют мясных цыплят, обладающих высокой скоростью роста, нежным сочным мясом, мягкими хрящами грудной кости.

Для достижения высоких результатов при выращивании бройлеров необходимо выполнить широкий комплекс последовательных технологических операций и обеспечить надлежащий уход, содержание, кормление и соответствующую ветеринарную защиту птицы.

В данной статье рассматриваются современные вопросы создания и улучшения условий для выращивания бройлеров.

Ключевые слова: бройлеры, продуктивность, стрессоустойчивость, жизнеспособность.

Mirnaya KF¹, Ermolaeva EO²

¹Postgraduate student, ²PhD in technical sciences, associate professor, Kemerovo Technological Institute of the Food Science and Industry

THE RELEVANCE OF SELECTION OF PRODUCTIONAL ENVIRONMENT FOR BROILERS

Abstract

Meat chickens with high rate of growth, tender juicy meat and soft cartilage of the sternum are called broilers.

In order to achieve good results in growing broilers it's needed to perform a wide range of process flows and provide proper care, maintenance, feeding and proper veterinary protection of birds.

This article reviews current issues of creating and improving conditions for growing broilers.

Keywords: meat cross, broilers, productivity, stress, vitality.

Росптицеводство объявило итоги 2012 года: доля импортного мяса птицы на отечественном рынке составила всего 10%. Это является свидетельством того, что отечественный птицепром способен конкурировать с «ножками Буша». При этом цены на мясо птицы не растут, пишет газета «Труд».

По информации Галины Бобылевой, генерального директора Российского птицеводческого союза, в прошлом году в России произведено 3,58 млн. тонн мяса птицы, хотя прогнозировалось только 3,3 млн. тонн. Доля отечественного производителя на российском рынке превысила 90%.

Тем не менее, отечественный рынок не насыщен. Всемирная организация здравоохранения считает, что приемлемый уровень потребления мяса птицы составляет 30 кг на человека в год. Среднедушевое потребление мяса птицы в России достигает пока лишь 25 кг. Поэтому утвержденная Минсельхозом РФ «Программа развития птицеводства на 2013-2015 годы» предусматривает рост производства куриного мяса до 4 млн. тонн через 2 года.

«Успехи прошлого года объяснялись хорошими условиями в I полугодии. Однако летняя засуха привела к резкому повышению цен на зерно и, как следствие, комбикормов. После вступления России в ВТО на мясокомбинаты хлынул дешевый импортный фарш. Нашим производителям пришлось снизить отпускные цены на 15% и более. В итоге птицефабрики сейчас балансируют на грани рентабельности. К счастью, я говорила с хлеборобами, и они дают благоприятный прогноз на урожай, так что у нас будут шансы к осени снизить затраты. Да и правительство не забывает - предоставляет субсидии. Поэтому мы считаем вполне реальным в 2015 году выйти на производство 4 млн тонн куриного мяса и забыть «ножки Буша», как страшный сон», - поделилась Галина Бобылева, генеральный директор Российского птицеводческого союза.

Птицеводство - одна из самых скороспелых отраслей животноводства. Это наиболее наукоемкая и динамичная отрасль агропромышленного комплекса. Сельскохозяйственная птица отличается быстрыми темпами воспроизводства, интенсивным ростом, высокой продуктивностью и жизнеспособностью. Выращивание и содержание птицы требует меньше затрат живого труда и материальных средств на единицу продукции, чем в других отраслях животноводства.

Мировая и отечественная бройлерная промышленность - основа производства диетического мяса. В последние десятилетия в отрасли отмечается значительный прогресс. Масштабное использование достижений науки выдвинуло ее в число важнейших источников пополнения ресурсов производства.

Одним из главных недостатков существующих технологий производства птицы следует считать слабый учет биологических особенностей бройлеров современных кроссов (мясной кросс - это гибрид, полученный в результате скрещивания нескольких линий разных пород, проверенных на сочетаемость), что приводит к снижению продуктивности и повышенному отходу птицы.

Проблема усугубляется тем, что современные кроссы бройлеров стрессочувствительны и низкорезистентны, а доминирующая пока еще в России клеточная технология выращивания бройлеров отличается достаточной степенью стрессогенности. Стойкие иммунодепрессии, возникающие в результате нарушения технологии содержания птицы, играют отрицательную роль в обеспечении рентабельной деятельности птицефабрик, так как только здоровое поголовье может гарантировать запланированную продуктивность.

На современном этапе количество неблагоприятно влияющих агентов сильно возросло, к тому же появились новые, опасные для здоровья птицы факторы, как, например, интенсивные шумы, электромагнитные поля и др.

Все это приводит к снижению естественной резистентности организма и возникновению болезней. В структуре общей заболеваемости бройлеров на долю, так называемых, технологических болезней приходится 8-10% и более. Технологические недоработки приводят к гибели птицы, потере мясной продуктивности вследствие перегревов в летний и переохлаждения в зимний периоды, асфиксий, недостаточного фронта кормления, переуплотнения, дефицита воды и низкой ее температуры. Быстрорастущий бройлер очень чувствителен к недостатку кислорода в воздухе. Это вызывает у него такие патологические изменения, как асцит (брюшная водянка) и гидроперикардит (наличие прозрачной жидкости в сердечной сумке — до 20 мл), а также отек легких.

Профилактика данных заболеваний направлена на обеспечение в птичниках оптимального микроклимата и прежде всего — газового состава воздуха, что достигается правильно рассчитанной системой вентиляции.

Таким образом, для достижения высоких результатов при выращивании бройлеров необходимо выполнить широкий комплекс последовательных технологических операций и обеспечить надлежащий уход, содержание, кормление и соответствующую ветеринарную защиту птицы. Решить эту комплексную проблему в производственных условиях достаточно сложно. Ведь производители мяса птицы при выборе системы содержания основываются в первую очередь на экономических факторах с акцентом на высокую производительность труда и рентабельность производства мяса, не принимая во внимание возможные негативные последствия физиологически неадаптированных технологических приемов. В результате возникает стрессовый дисбаланс технологии содержания птицы генетически заданному уровню их продуктивности. Необходимы глубокие и

всесторонние исследования для получения сведений о возможности приспособления птицы к существованию в новых условиях и путях адаптации к ним.

Надо меньше думать о том, как и чем лечить птицу, а больше уделять внимания созданию оптимальных условий кормления и содержания птицы, удовлетворяющих все потребности организма. И на такую заботу птица ответит высокой жизнеспособностью и продуктивностью.

Очевидно, что степень проявления генетического потенциала птицы зависит от технологии ее содержания.

Золотым правилом содержания бройлеров является содержание птиц одной породы и одного возраста на площадке, то есть соблюдение принципа одновременного ввоза и вывоза.

Основной задачей выбора места расположения фермы, а также ее планировки, является обеспечение отсутствия любого источника заражения. Защита усиливается соблюдением правил гигиены.

При входе на площадку должна быть предусмотрена раздевалка, которой (для смены одежды) должен пользоваться каждый входящий на территорию человек. Рекомендуется предусмотреть установку душевой кабины.

После вывоза стада и перед завозом нового, все помещения и оборудование должны быть подвергнуты тщательной очистке и дезинфекции с неукоснительным соблюдением методик. После этого следует период выдержки продолжительностью не менее 2 недель.

Особенно важным моментом при принятии решения о производстве бройлеров является выбор оборудования, обеспечивающего необходимые требования к их выращиванию.

Достижение генетического потенциала, заложенного в птице, зависит от следующих элементов:

- условия выращивания, которые обеспечивают потребность птицы к воздухообмену, качеству воздуха, температуре и площади;
- профилактика, выявление и лечение заболеваний;
- обеспечение питательных веществ в комбинации необходимых кормовых ингредиентов, правильная технология кормления и поения;
- внимание к благополучному состоянию птицы в течение всего производства, и в особенности, перед переработкой.

Если один из этих элементов не соблюдается, продуктивность стада будет падать. Эти аспекты, кроме того, взаимосвязаны. Следовательно, несоблюдение одного из них приведет к снижению бройлерной продуктивности.

Литература

1. 1 Фисинин В. И. Технология производства мяса бройлеров / В. И. Фисинин, В. С. Лукашенко, И. П. Салеева. – Сергиев Посад, 2008. – 256 с.
2. 2 Мальцев А. Б. Нетрадиционные корма и кормовые добавки для птиц. – 2-е изд. – Омск, 2005. – 704 с.
3. 3 Кочиш И.И. Фермерское птицеводство / И.И. Кочиш, Б.В. Смирнов, С.Б. Смирнов - М.: Колос, 2007. - 103 с.
4. 4 Алексеев Ф.Ф. Мясное птицеводство / Ф.Ф. Алексеев, А.В. Адамов - Издательство «Лань», 2006. - 416 с.
5. 5 Hamilton, N.D. Broiler Contracting in the United States—A Current Contract Analysis Addressing Legal Issues and Grower Concerns / N. D. Hamilton, M. J. Watts // Journal of Agricultural Law – 2009. – 33 p.

Мурадов А.А.

Аспирант, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ОЦЕНКА РИСКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ МЕТОДОМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Аннотация

В статье рассмотрены принципы формирования механизма поддержки принятия решений для оценки риска экологической безопасности. Представлена схема формализации исходной качественной информации при использовании теории нечетких множеств. Показана целесообразность использования предложенных процедур при стратегическом экологическом оценивании проектов развития городских территорий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, нечеткие множества, риск, экспертные оценки.

Muradov A.A.

Postgraduate student, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE)

ENVIRONMENTAL SAFETY RISK ASSESSMENT OF URBAN AREAS BY FUZZY LOGIC

Abstract

In the article the principles of decision support tools for risk assessment of environmental safety. A scheme for the formalization of the original quality information using fuzzy set theory is represented. The expediency of the proposed procedures for strategic environmental evaluating of urban development projects is considered.

Keywords: environmental safety, fuzzy sets, risk, expert estimates.

В настоящее время наиболее загрязненными участками являются городские и пригородные территории. В связи с этим необходимо использовать существующие и разрабатывать новые методы принятия проектных решений, с помощью которых можно прогнозировать развитие городской среды с учетом экологической безопасности.

На современном этапе принятая система проектирования развития урбанизированных территорий на основе оценки влияния на окружающую среду (ОВОС) в недостаточной мере использует экспертные оценки.

Это обусловлено, в частности, отсутствием научной базы, требованием прогноза только ограниченного количества показателей и другими причинами.

Экспертные оценки отражают субъективное мнение специалистов в данной предметной области – экспертов. Они задаются как в количественном, так и в качественном виде, поэтому возникают трудности с количественной интерпретацией полученных результатов для их использования в системах принятия решений. В связи с этим необходима разработка информационной поддержки принимаемых решений на основе использования методов обработки информации и компьютерных технологий.

На сегодняшний день наиболее значимым законодательным документом, который определяет минимальные общие процедуры для СЭО является Европейская Директива 2001/42/ЕС по оценке экологических последствий реализации отдельных планов и программ [1]. В Директиве прописана процедура проведения систематической, превентивной, основанной на экологической оценке проектов и открытой с участием различных заинтересованных сторон и общественностью процедуры СЭО.

Таким образом, решаемая проблема состоит в разработке и развитии моделей и методов обработки нечеткой информации в процессе проведения экологической экспертизы и мероприятий при СЭО объектов градостроительной деятельности.

Одним из основных аспектов при этом является идентификация рисков - выявление угроз и определение степени их опасности в дальнейшем. Для этого необходимо собрать и проанализировать информацию, в том числе, качественную, характеризующую виды и особенности угроз экологической безопасности, определить параметры воздействия. Выявить источники угроз и недостатки организации системы безопасности. В качестве рисков экологической безопасности будем понимать нарушение экологического баланса, превышение допустимой антропогенной нагрузки, превышение допустимого уровня загрязнения различных сред.

В настоящий момент считается, что экологический риск – это ущерб от наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и антропогенного характера. Для обоснования общеметодологических принципов и подходов для анализа и управления экологическими рисками недостаточно оценивать только вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия. Необходимо учитывать степень этого воздействия на окружающую среду. Поэтому, далее, под экологическим риском R будем понимать произведение вероятности P , зависящей, в общем случае, от реализации отдельным источником угрозы и отдельной потенциальной уязвимости, и результирующего влияния I этого события на экосистему города: $R=P \cdot I$.

Заметим, что величина риска R , в случае количественных оценок вероятности P и ущерба I , представляет собой значение математического ожидания ущерба при неблагоприятном для окружающей среды событии.

Сложная система нелинейных связей, определяющих взаимовлияние различных угроз и отсутствие необходимой информации для получения статистических или экспертных оценок, значительно осложняют задачу оценки экологических рисков. Использование аппарата нечетких множеств для решения задач оценки рисков позволяет включать в анализ качественные переменные и использовать стандартные правила преобразования нечетких данных в четкие числа и алгоритмы нечеткого вывода[2].

Будем считать, что риск R , вероятность P и ущерб I являются лингвистическими переменными с соответствующими терм-множествами $T_R = \{\text{отсутствует, незначительный, низкий, средний, высокий, очень высокий, недопустимый}\}$, $T_P = \{\text{невероятно, более или менее вероятно, вполне вероятно, достаточно вероятно, вероятно, очень вероятно, близкое к 1}\}$, $T_I = \{\text{приемлемый, средний, выше среднего, существенный, критический, катастрофический}\}$. Функции принадлежности каждого значения терм-множеств определены на отрезке $[0,1]$ и являются функциями гауссовского типа. База знаний записывается в виде следующих продукционных правил[3].

ЕСЛИ $(x_1 = a_{1,j_1})$ И $(x_2 = a_{2,j_2})$ И...И $(x_n = a_{n,j_n})$ с весом w_{j_1}

ИЛИ $(x_1 = a_{1,j_1})$ И $(x_2 = a_{2,j_2})$ И...И $(x_n = a_{n,j_n})$ с весом w_{j_2}

ИЛИ $(x_1 = a_{1,k_j})$ И $(x_2 = a_{2,k_j})$ И...И $(x_n = a_{n,k_j})$ с весом w_{k_j}

ТО $y = d_j$, $j = \overline{1, m}$.

Здесь x_i – название лингвистических переменных, $i = \overline{1, n}$, a_{i,j_p} ($p = \overline{1, k_j}$) – значения переменной x_i в строке p для правила j ($j = \overline{1, m}$), w_{j_l}

– вес предпосылки в правиле j , $l = \overline{1, k_j}$, принимающий значение из отрезка $[0,1]$, k_j – количество предпосылок в правиле с номером j , m – количество термов – значений выходной переменной y – величина риска R , d_j – значения из терм-множества T_R .

Введем следующие обозначения: $\mu_{i,j_p}(u_i)$ – функция принадлежности значения u_i нечеткому терму a_{i,j_p} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$, тогда нечеткое множество запишется как

$$a_{i,j_p} = \int_0^{u_i^+} \mu_{i,j_p}(u_i)/u_i, \quad u_i \in [0, u_i^+],$$

$\mu_{d_j}(u_y)$ – функция принадлежности значения u_y нечеткому терму d_j из множества T (экологическое состояние), тогда это нечеткое множество представим в виде

$$d_j = \int_0^1 \mu_{d_j}(u_y)/u_y, \quad u_y \in [0,1].$$

Для принятия решений по обеспечению экологической безопасности необходимо вычислить четкое значение y , которое соответствует состоянию (вектору входных параметров) U^* . Для этого будем вычислять дефаззификацию по методу центра тяжести[2]:

$$y = \frac{\int_0^1 u_y \cdot \mu_{\tilde{y}}(u_y) du_y}{\int_0^1 \mu_{\tilde{y}}(u_y) du_y}.$$

В качестве примера приведем одно из используемых правил, которое имеет вид:

ЕСЛИ $P = \text{более или менее вероятно}$ И $I = \text{выше среднего}$

ИЛИ $P = \text{вполне вероятно}$ И $I = \text{средний}$,

ИЛИ $P = \text{невероятно}$ И $I = \text{критический}$,

ТО $R = \text{незначительный}$, вес этого правила $w=1$.

Следует заметить, что при выборе методов оценки альтернатив необходимо учитывать, что определение способа формализации процесса принятия решений зависит от многих факторов, свойства которых могут меняться в зависимости от задачи, типа экспертной информации, типа шкал измерения, системы предпочтений и пр. Более того, система приоритетов может носить иерархический характер, и для этого необходимо использовать методы обработки информации, заданной при учете, в общем случае, полимодальности функций принадлежности [3]. Также необходимо учитывать согласованность уровней решаемых задач при учете возможности реализации характеристик входящих в систему средств [4].

Литература

1. Протокол по стратегической экологической оценке к конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (2003) / [Электронный ресурс] Режим доступа http://www.unep.org/env/eia/sea_protocol.htm;
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений.. М.: Мир, 1976.165 с.
3. Санжапов Б.Х. Упорядочение объектов в иерархических системах при полимодальных экспертных оценках// Изв. ВолгГТУ. Сер.: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2009. Т.6. №6. С.105-109.

4. Санжапов Б.Х., Садовникова Н.П. Согласование целей при эколого-экономическом обосновании градостроительного проекта с учетом ограничений на значения характеристик входящих в систему средств в условиях нечеткой информации // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Строительство и архитектура. 2011. Вып. 21(40).С. 151—159;

Неповинных¹ Н.В., Грошева² В.Н., Птичкина³ Н.М.

¹Кандидат технических наук, доцент; ²аспирант; ³доктор химических наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПОЛИМЕРОВ В ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНЫХ НАПИТКОВ

Аннотация

Нами были разработаны новые виды специализированных функциональных кислородных напитков на основе творожной сыворотки, фруктовых соков и пищевых полисахаридов. Пенообразующими компонентами в традиционных кислородных коктейлях в настоящее время используется один из трех компонентов: корень солодки, яичные белки или желатин. Используемые ингредиенты обладают рядом недостатков: аллергические реакции, возможность микробиологического неблагополучия яичных белков и желатина. Кроме того, пены, образуемые данными ингредиентами, нестабильны.

В данной работе рассматривается творожная сыворотка как пенообразующая основа кислородного коктейля, добавка натуральных соков в качестве вкусового компонента и пищевые биополимеры в качестве стабилизаторов кислородной пены.

Ключевые слова: кислородный коктейль, биополимеры, полисахариды, творожная сыворотка.

Nepovinnikh¹ N.V., Grosheva² V.N., Ptichkina³ N.M.

¹Candidate of Technical Sciences, associate Professor; ²Postgraduate student; ³Doctor of Chemical Sciences, professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov

USING OF BIOPOLYMERS IN TECHNOLOGY OXYGEN PROTEIN-CARBOHYDRATE DRINKS

Abstract

We have developed new types of specialized functional oxygen drinks on the basis of cottage cheese whey, fruit juices and polysaccharides. Foam components in conventional oxygen cocktails is currently used one of on the basis of three components: licorice root, egg proteins or gelatin. Used ingredients have a number of disadvantages: allergic reactions, the possibility of microbiological trouble with egg whites and gelatin. In addition, foam formed by these ingredients is unstable.

In this paper the cottage cheese whey as an oxygen cocktail foaming base, supplement of natural juice as a flavoring ingredient are analysed and nutritional biopolymers as stabilizers of oxygen foam.

Keywords: oxygen cocktail; biopolymers; polysaccharides; cottage cheese whey.

Целью настоящей работы явилось установление закономерностей производства кислородсодержащих напитков на основе купажирования творожной сыворотки и натуральных соков с заменой традиционной пенообразующей основы (корень солодки, яичные белки или желатин) на белки молочной сыворотки и биополимеры - пищевые полисахариды (ПС) растительной природы [1, 2].

Рассматривая творожную сыворотку как перспективную основу кислородного коктейля, имеющую высокую пищевую и биологическую ценность, и принимая во внимание, недостатки традиционно используемых пенообразователей мы изучали пенообразующую способность и свойства белковой кислородной пены в сравнении с традиционными пенообразователями.

Нами были проведены исследования по изучению кратности и стабильности пен кислородных коктейлей в зависимости от типа пенообразователя и условий взбивания.

Как было установлено традиционные пенообразователи, дают кислородную пену с достаточно высокими значениями кратности, по сравнению с пеной, образованной сывороточными белками. Стабильность пен всех образцов низкая, пены быстро (через 2 мин) теряют свою структуру и опадают. По-видимому, механизм разрушения таких пен обусловлен образованием неоднородных искривленных (волнообразных) участков, возникающих под действием термических флуктуаций.

Мы изучали влияние растительных ПС на стабилизацию белковой кислородной пены. Как показали исследования, стабильность пен с ПС увеличивается, пены остаются неизменными по структуре в течение длительного времени (в течение часа). Этот процесс объясняется тем, что при формировании пены на основе молочного белково-углеводного сырья, сока и ПС происходит активация процесса образования устойчивой кислородной пены за счет образования, так называемых, интербиополимерных комплексов на основе сывороточных белков и ПС.

Наилучшие структурно-механические и органолептические показатели были у пен с кратностью 3,0-4,5.

В ходе исследования было установлено, что оптимальная температура основы для процесса пенообразования и получения пены мелкоячеистой структуры, должна быть не выше 4 °С.

При повышении температуры основы до 20 °С и выше отмечено снижение пенообразующей способности, что объясняется тепловым движением молекул белков, не способных в таких условиях к прочной адсорбции на межфазных пленках [3, 4].

На основании полученных данных были выбраны ПС и их концентрации в качестве стабилизаторов белковой кислородной пены, позволяющие увеличить стабильность пен в 20 раз, по сравнению с традиционными пенообразователями.

Выполненные исследования показали целесообразность использования растительных ПС для стабилизации кислородных пен основе творожной сыворотки.

Разработанные кислородсодержащие белково-углеводные напитки обеспечивают организм необходимыми питательными веществами: незаменимыми аминокислотами, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, в том числе полисахаридами, при минимальном содержании в своем составе жира (менее 0,3 %).

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3731.2013.4.

Литература

1. Грошева, В.Н. Исследование и разработка технологии коктейля функционального назначения / В.Н. Грошева, Н.В. Неповинных, Н.М. Птичкина // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2013. - № 2-3.-С. 61-63.
2. Птичкин, И.И. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / И.И. Птичкин, Н.М. Птичкина. – ГУП «Типография № 6» - Саратов, 2012. – 96 с.
3. Остроумова, Т.Л. Влияние белковых веществ на пенообразующие свойства молока / Т.Л. Остроумова, А.Ю. Просеков // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. - № 2. – С. 43 – 46.
4. Просеков, А.Ю. Влияние технических характеристик ротаторно-пульсационного аппарата на структуру взбитого продукта / А.Ю. Просеков // Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции. – 2005. - № 5. – С. 61-63.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА*Аннотация*

В данной статье рассматриваются проблемы использования традиционной энергетики, преимущества использования альтернативной энергетики, а именно солнечной, ветровой и энергии биомассы. Возможности их совместного использования для более стабильного энергоснабжения.

Ключевые слова: солнечная энергетика, энергия ветра, энергия биомассы.

Ondar D.D.

Postgraduate student, Omsk State Technical University

PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE REPUBLIC OF TYVA*Abstract*

This article discusses the problems of the use of traditional energy, the benefits of using alternative energy, namely solar, wind and biomass energy. The possibility of sharing for a more stable power supply.

Keywords: solar energy, wind energy, biomass energy.

Традиционная энергетика, основанная на органическом топливе, наносит значительный ущерб окружающей среде, а в долгосрочной перспективе может привести к нежелательным глобальным изменениям климата. Гидроэнергетика затопляет большие участки земель. И тоже меняет климат. Например, Саяно-Шушенское водохранилище. Перед тем как затопить местность под это водохранилище пришлось переселить, в одном только в республике Тыва, несколько населенных пунктов. Один из них город Шагонар. После этого, по словам коренных жителей, один из которых я, автор этой статьи, климат в этом месте резко изменился. Со стороны водохранилища частые сильные ветра появились, а зима стала более холодной. Родные места, а в некоторых случаях священные места, которые жили предки переселенцев ушли под воду. И никого из них не спросили. Атомная энергетика встречает активное неприятие населения в связи с возможностью тяжелых аварий, да и требует очень больших капиталовложений.

В Республике Тыва фермеры и животноводы живут далеко друг от друга. В этих условиях создание энергетических систем по типу когда электроэнергия вырабатывается на крупных электростанциях и доставляется в районы с высокой плотностью населения по линиям электропередачи, оказывается нерентабельным. Создание автономных энергоустановок малой мощности, базирующихся на нетрадиционных источниках энергии (НВИЭ), имеет очевидные преимущества.

Это обстоятельство характерно и для некоторых отдаленных районов Республики Тыва (Монгун-Тайга, Кунгуртут), которые не присоединены к системам центрального электроснабжения. На одну только доставку дизтоплива в эти районы, для дизельных электростанций, ежегодно выделяются большие финансовые средства.

Большинство промышленно развитых стран имеет государственные программы по поддержке и развитию энергоустановок на базе НВИЭ. Наибольший интерес и распространение на сегодня имеет установки, использующие солнечную энергию, энергию ветра и биомассы.

Солнечная энергия. Наиболее перспективным источником энергии, по моему мнению, является солнечная энергия. Солнечная энергия, поступающая за неделю на территорию России, превышает энергию всех российских ресурсов нефти, газа, угля и урана. Поэтому использование солнечной энергии может стать энергетической основой и первичным источником энергии будущего устойчивого развития экономики для некоторых регионов России.

Использование солнечной энергии для горячего водоснабжения и, в меньшей степени, для отопления может сэкономить огромное количество органического топлива и повысить уровень социально-бытового благосостояния сельского населения. Например, в Израиле в соответствии законом, требующим, чтобы каждый дом был снабжен солнечной водонагревательной установкой, установлено, на момент еще 1996 г., около 800 000 солнечных коллекторов, которые производят около 15 млн. ГДж энергии [1] и обеспечивает 70% населения горячей водой. В зависимости от широты местности и климатических условий годовой приход солнечной энергии на 1 м² поверхности изменяется очень сильно. Для широт около 30° он может составлять 8-10 ГДж/(м² год) [2], тогда как для Республики Тыва, широта в среднем 52°, составляет около 4,7 ГДж/(м² год) [3].

Наряду солнечными коллекторами, для использования солнечного тепла для отопления домов применяются пассивные методы, основанные на оптимизации архитектурно-планировочных решений. Кроме того, представляет интерес разработки так называемой прозрачной изоляции для стен домов, селективных пленок для окон и др.

Электроэнергию за счет использования солнечной энергии можно получить либо в теплосиловых установках, либо в установках прямого преобразования энергии, основанных на применении полупроводниковых фотоэлектротрансформаторов (ФЭП). В настоящее время в мире повышенный интерес представляет установки непосредственно преобразующий солнечную радиацию в электроэнергию с помощью ФЭП.

Наиболее благоприятные районы для использования солнечной энергии в России: Северный Кавказ, Астраханская область, Калмыкия, Тыва, Бурятия, Читинская область, Дальний Восток [6].

Энергия ветра. Из возможных устройств, преобразующих энергию ветра в механическую работу, в подавляющем большинстве случаев используются лопастные машины с горизонтальным валом, устанавливаемым по направлению ветра. Намного реже применяются устройства с вертикальным валом.

Для животноводов Республики Тыва больше всего подошли бы ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой мощности. Особенно в зимних стойбищах. Так как в зимнее время наблюдается дефицит солнечного сияния, ВЭУ были бы замечательным выбором теплоснабжения и электроснабжения в особенности в районах где наблюдаются дефицит органического топлива. Такие установки сегодня уже конкурентоспособны с дизелями, работающими на привозном топливе. Однако в некоторых случаях непостоянство скорости ветра заставляет либо устанавливать параллельно с ВЭУ аккумуляторную батарею, либо резервировать ее установкой на органическом топливе.

Энергия биомассы. Биомасса представляет собой древнейший источник энергии, однако ее использование до недавнего времени с водилось к прямому сжиганию либо в открытых очагах, либо в печах и топках, но также весьма с низким КПД.

Существует множество различных способов получения энергии из биомассы. Наиболее подходящий из них для животноводческой Тывы это получение биогаза из навоза животных. При сгорании 1 м³ биогаза с 50% содержанием метана получают 17,8 МДж энергии, при 70% содержании – 25 МДж получают 17,8 МДж энергии, при 70% содержании – 25 МДж [4]. При сгорании 1 м³ природного газа получают 34 МДж, 1 кг жидкого топлива – 42 МДж.

Известно, что для приготовления пищи, особенно в неотапливаемый период, фермеры и животноводы используют дрова. Использование сегодня дровяные очаги для приготовления пищи имеют КПД 14-15%. А ведь у каждого животновода за забором куча неиспользуемого навоза. Применение биогазовых установок и более совершенных устройств для приготовления пищи намного упрощает жизнь и улучшает экологию.

Хорошо известна программа Бразилии, посвященная получению из отходов сахарного тростника метанола, применяемого как моторное топливо для автотранспорта. Однако этот пример интересен только для стран с соответствующим климатом.

Большое распространение в некоторых странах (индия, Китай и др.) получили малые биогазовые установки, утилизирующие отходы для одной семьи. Эти установки весьма просты и несовершенны. Для больших ферм со значительным количеством отходов создаются более эффективные установки.

Потенциал НВИЭ в Тыве велик. Несмотря на это почти нигде не используется.

Это объясняется тем, что энергетическая стратегия недавнего прошлого исходила из приоритетности создания крупных энергетических объектов, использовавших органическое топливо, уран и энергию больших рек, мощных высоковольтных ЛЭП. Огромные инвестиции, требовавшиеся на сооружение этих объектов, черпались из государственного бюджета. Почти все удаленные фермы и стойбища были электрифицированы, путем прокладки ЛЭП, но с распадом СССР все они пришли в негодность и следа даже не осталось от них.

Сегодня ситуация в стране несколько изменилась – нет крупных государственных капиталовложений, провозглашена значительная самостоятельность субъектов федерации. Эти факторы безусловно играют в пользу широкого применения НВИЭ. Кроме того, создание объектов энергетики с НВИЭ непосредственно вблизи потребителей могло бы дать дополнительные рабочие места. Однако пока велика инерция огромного топливно-энергетического комплекса. И даже те скромные средства, которыми располагает государство, регионы, энергетические объединения, по-прежнему направляются в основном в традиционную энергетику.

Более серьезной проблемой использования энергии солнца и ветра является их непостоянство. Для установок, присоединенных к сети, этот недостаток не столь существен, но не должна превышать по мощности 15% мощности энергосистемы [6]. Кроме того, при использовании солнечных электростанций в широких масштабах возникают проблемы локального нарушения теплового баланса из-за изменения альбедо Земли. Для автономных установок в зависимости от характера нагрузок могут потребоваться различные решения: использование аккумуляторных батарей, резервирование установки НВИЭ с помощью установки на органическом топливе, гибридизация установок. Хорошим решением может явиться совместное использование солнечных и ветровых установок. В некоторых случаях роль выравнивания производства энергии в сочетании с солнечной и ветровой установками может взять на себя установка, работающая на биогазе.

Самой же значимой проблемой является низкая заинтересованность населения и организаций в применении НВИЭ, что связано с отсутствием специальной стратегии развития малой и возобновляемой энергетики в регионах.

Все указанные проблемы требуют решений, могущих повысить доступность применения НВИЭ, обеспечить необходимый уровень их автоматизации, создание демонстрационных центров, хорошо продуманная реклама и государственная пропаганда и, таким образом, заинтересовать население и организации в использовании НВИЭ. И тогда, согласно оценкам отечественных ученых и ведущих специалистов [5], доля источников распределенной энергетики в общем производстве электроэнергии в 2030 году может составить примерно 16 %.

Литература

1. Tabor H. Forty years of Solar Energy Development and Exploitation in Israel // Sun World. 1993. Vol. 17. №7.
2. Доброхотов В.И., Шпильрайн Э.Э. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Проблемы и перспективы // Теплоэнергетика. 1996. №5. С. 2-9.
3. Ондар Д.Д. Ресурсы солнечной энергии в Республике Тыва // Сборник научных трудов «Современные технологии и управление в энергетике и промышленности». Омск: ОмГТУ, 2012. С. 263-271.
4. Гужулев Э.П., Горюнов В.Н., Лаптий А.П. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Монография. Омск: ОмГТУ, 2004. - 272 с.
5. Электрические станции. 2012. №9.
6. Стребков Д.С. О развитии солнечной энергетики в России // Теплоэнергетика. 1994. №2. С. 53-60.

Павлова Г.А.¹, Марков А.Г.²

¹Доцент, кандидат технических наук; ²генеральный директор, ООО «МЕТАМ»

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ, РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Аннотация

В статье приведены сведения о дефектах и повреждениях основных элементов длительно эксплуатируемых технологических трубопроводов, приводящие к возникновению аварийных ситуаций и некоторых способах повышения долговечности конструктивных элементов трубопроводов технологических газов металлургических предприятий.

Ключевые слова: трубопроводы технологических газов, дефект, повреждаемость, коррозия, долговечность

Pavlova G.A.¹, Markov A.G.²

¹Associate professor, Candidate of Technical Sciences; ²Chief Executive Officer (CEO), METAM LLC

INCREASE OF RELIABILITY OF THE TECHNOLOGICAL GAS PIPELINES OF THE GASES WORKING IN HOSTILE ENVIRONMENT

Abstract

Data on defects and damages of basic elements are provided in article is long the operated technological pipelines, bringing to emergence of emergencies and some ways of increase of durability of constructive elements of pipelines of technological gases of the metallurgical enterprises.

Keywords: pipelines of technological gases, defect, damageability, corrosion, durability

Обеспечение надежности и безопасности потенциально опасных объектов в настоящее время является чрезвычайно острым и актуальным вопросом. Для его решения применяются в основном два направления: постоянный мониторинг технического состояния и установление технического состояния конструкций оборудования на основе применения современных методов неразрушающего контроля с оценкой остаточного ресурса и определением срока его последующей безопасной эксплуатации.

Технологические трубопроводы металлургических предприятий относятся к категории опасных, отказ которых ведет, как правило, к значительным материальным, экологическим потерям и зачастую – к человеческим жертвам.

В настоящее время большинство трубопроводов технологических газов металлургических предприятий, к которым относятся трубопроводы больших диаметров (более 1400 мм), эксплуатируются в средах различной степени агрессивности. Одной из основных причин преждевременного выхода из строя металлических конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах, является коррозия металлов. Кроме того, следует иметь в виду, что большинство объектов металлургического комплекса работают за пределами проектного ресурса. По мере старения основных конструктивных элементов возрастает опасность возникновения аварийной ситуации. Система трубопроводов технологических газов формируется в реальных условиях строительства и эксплуатации и неизбежно претерпевает при этом значительные изменения технического состояния, связанные с накоплением повреждений - вследствие этого происходит снижение ее надежности. Анализ причин аварий, подтверждает, что они происходят,

как правило, от неблагоприятного сочетания нескольких факторов. Причины появления и степень влияния их на надежность эксплуатации различна, но повреждения от их сочетания могут создать аварийную ситуацию на объектах со сроками эксплуатации 20-50 лет.

Как известно, надежность трубопроводов технологических газов напрямую связана с возникновением повреждений, возникающих в процессе эксплуатации. На основании опыта проведения технического диагностирования трубопроводов технологических газов предприятий металлургического профиля основными причинами их повреждаемости являются: наружная и внутренняя коррозия, дефекты, возникающие на стадии сооружения газопроводов, несоответствие материала труб проектным решениям и др. (Рис. 1).

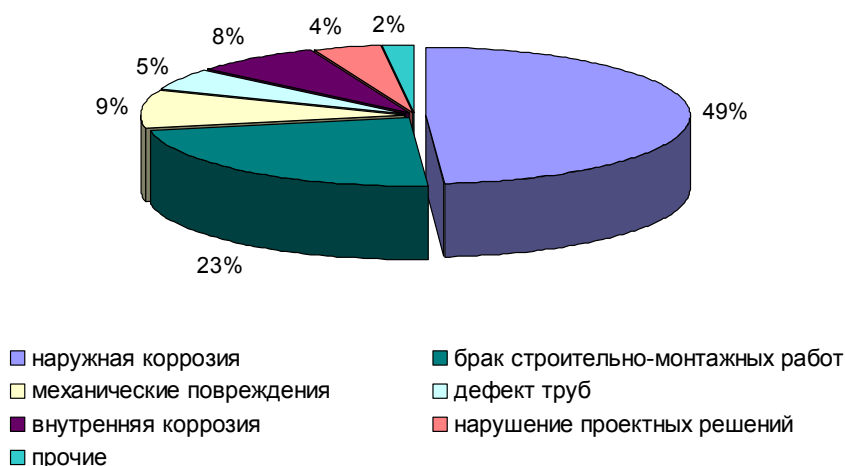


Рис. 1 - Причины возникновения отказов

Борьба с коррозией является одной из актуальных проблем, как за рубежом, так и в нашей стране. Опыт диагностирования трубопроводов для транспортирования технологических газов ОАО «ММК» показал, что скорость коррозии отдельных участков по длине трубопровода превышает среднюю скорость коррозии на 2 порядка. При средней скорости коррозии 0,03 мм/год наблюдались сквозные поражения стенки газопровода толщиной 8-12 мм за 10-15 лет (скорость коррозии 0,8 мм/год). Усредненные результаты измерения толщины стенок приведены в таблице 1.

Коррозия обследованных газопроводов доменного газа, происходила с внутренней стороны стенок. Доменный газ содержит влагу, значительное количество оксида и диоксида углерода и не содержит кислорода, т.е. коррозия внутренней поверхности протекает по электрохимическому механизму с водородной деполаризацией.

Таблица 1 – Усредненные результаты толщинометрии

Наименование трубопроводов технологических газов	Диаметр трубопровода, мм	Номинальная толщина стенки, мм	Минимальная измеренная толщина стенки, мм	Срок службы, лет
Прямого коксового газа	1520...2420	8,0-10	5,2-6,3	33
Коксового газа	1820...2020	10	0-5,4	36
Обратного коксового газа	2020...3600	10	0-5,2	47
Доменного газа	1620...3250	10-12	2,1-4,6	45
Смешанного газа	1720...2880	10-12	2,2-3,6	54

При анализе условий эксплуатации трубопроводов технологических газов установлено, что вследствие местного коррозионного поражения нарушается целостность конструкций трубопроводов коксового газа. Коррозии подвержена как внешняя, так и внутренняя сторона конструкций. Наиболее уязвимыми являются верхняя и боковые стороны обечайки конструкции, т.к. в нижней части скапливаются отложения смол и нафталина, препятствующие активному развитию коррозионных процессов. Увеличивает скорость коррозии и агрессивность среды проведение периодической или постоянной пропарки. При этом пары воды взаимодействуют с агрессивными агентами коксового газа и образующиеся кислоты вызывают активный общий и локальный (язвенный) коррозионный износ вплоть до сквозного повреждения, что фиксировалось как при проведении визуального контроля, так и при проведении периодического мониторинга толщины конструктивных элементов.

Сочетание активных коррозионных агентов в смеси доменного и коксового газа вызывает быстрый коррозионный износ внутренних и наружных стенок конструкций смешанного газа.

При проведении технического диагностирования наиболее часто обнаруживаются питтинговая, язвенная коррозия, коррозионное растрескивание под напряжением.

В процессе технического диагностирования для определения степени повреждения были выполнены исследования микроструктуры сталей трубопроводов технологических газов. Исследования проводились методом реплик на основном металле и зонах термического влияния сварных швов. Просмотр шлифов производился с помощью переносного микроскопа типа МПМ-2У-КС. Структура металла фиксировалась с помощью цифровой фотокамеры. Фотографии подвергались обработке с помощью программы MICROKON MET 5.7. По результатам исследования было определено, что микроструктура металла трубопроводов технологических газов из стали 20 состоит из феррита, незначительного количества бейнита, сфероидизированного перлита и структурно свободных карбидов, расположенных по и внутри зерен феррита. В средней части образцов обнаружены микротрещины длиной до 1500 мкм. На внутренней и наружной поверхностях образцов при увеличении $\times 100$ и $\times 200$ (Рис. 2, 3) обнаружен поверхностный слой, подверженный коррозионному разрушению металла, толщина слоя достигает 500 мкм. Кроме того на внешней поверхности образцов обнаружены поверхностные трещины, глубиной до 450 мкм (Рис. 4). Также в слое, прилегающем к наружной поверхности, обнаружены поры, размер которых составляет от 20 до 35 мкм.

Все это свидетельствует о изменении структуры металла после длительной эксплуатации.

Сложность и острота проблемы защиты металлов от коррозии возрастают в связи с непрерывным увеличением срока эксплуатации, изменением структуры и свойств металла в процессе длительной эксплуатации, многообразием коррозионных воздействий.

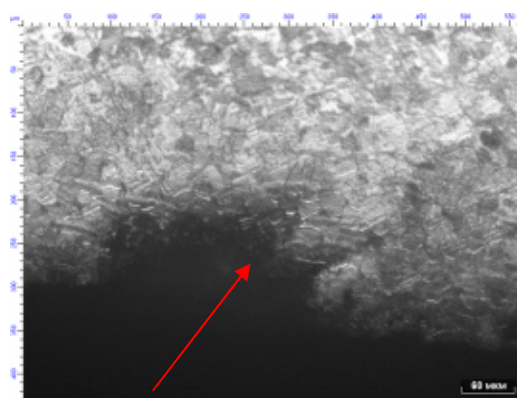
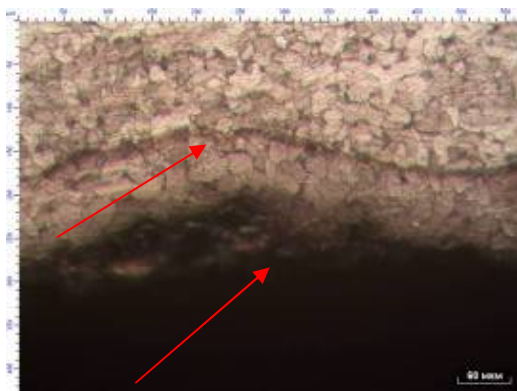


Рис. 2 - Микроструктура внутренней поверхности образца (Ст 20, срок эксплуатации 26 лет, $\times 100$)

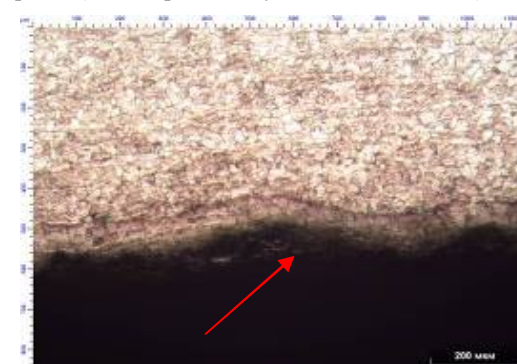
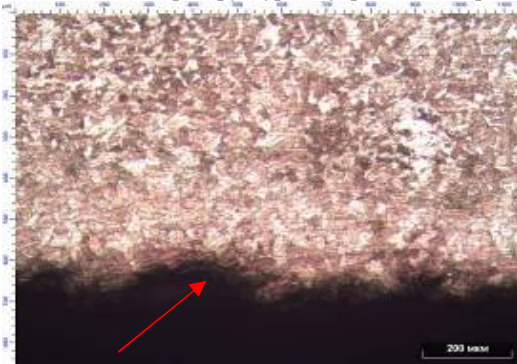


Рис. 3 - Микроструктура наружной поверхности образца (Ст 20, срок эксплуатации 26 лет, $\times 200$)

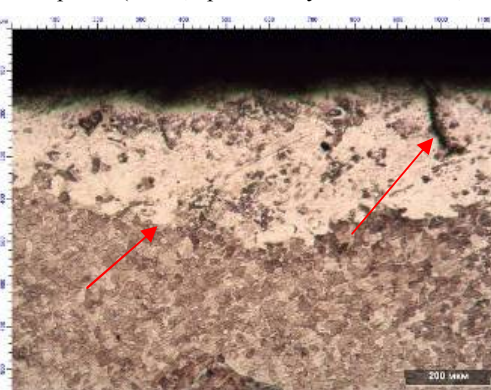
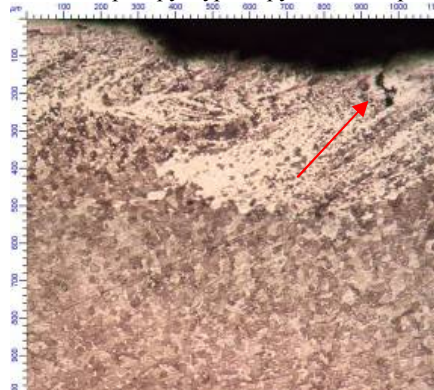


Рис. 4 - Микроструктура внешней поверхности образца (Ст 20, срок эксплуатации 26 лет, $\times 100$)

Причинами аварийного разрушения конструкций из-за коррозионных повреждений много: неправильный подбор противокоррозионной защиты; некачественное производство работ по защите конструкций; нарушение технологических режимов производства, несоблюдение сроков выполнения противокоррозионной защиты, приведенных в нормативной документации.

Недостаточное внимание к вопросам защиты от коррозии приводит к увеличению вероятности повреждения металла трубопроводов технологических газов, при этом надежность и долговечность зависят от скорости протекания процессов разрушения под воздействием агрессивных сред. Поэтому должны быть разработаны научно обоснованные рекомендации для всех стадий жизни конструкций. Технические мероприятия, обеспечивающие заданную долговечность металлических конструкций в агрессивных средах должны проводиться в первую очередь на стадии проектирования и изготовления. При этом следует учитывать, что надежность и долговечность трубопроводов технологических газов зависит от ряда факторов: коррозионной стойкости конструкционного материала, сроков службы применяемых защитных покрытий, учета характера внутренней и наружной среды и т.п. В процессе эксплуатации ресурс трубопроводов технологических газов может быть увеличен с помощью своевременного возобновления противокоррозионных защитных покрытий.

Основным фактором, влияющим на неравномерность скоростей коррозии, является уровень напряжений в металле. Поэтому изучение влияния напряженно-деформированного состояния на степень местной коррозии, учет этого фактора при определении ресурса в ходе эксплуатации имеют большое значение. Под действием нагрузки в листовых конструкциях обечайки трубопроводов технологических газов происходят процессы деформирования и разрушения. Агрессивная среда, проникая в металл через нарушения покрытий, концентраторы напряжений (дефекты сварки, трещины и т.п.), приводит к изменению структуры металла, изменению его механических свойств, что приводит к развитию процессов деформирования и разрушения. В свою очередь, эти процессы оказывают влияние на кинетику проникновения агрессивной среды вглубь металла. Эта физическая модель явлений, происходящих в конструкциях трубопроводов технологических газов, позволяет использовать для построения моделей сопротивления конструкций воздействию агрессивных сред теорию структурных параметров, согласно которой любой процесс может быть описан уравнением состояния, в котором характеристики процесса определяются как функции параметров внешних воздействий и структурных параметров [1]. Для структурных параметров составляются кинетические уравнения, из которых в зависимости от вида и величины нагружения, температурных, физико-химических, либо других воздействий можно определить характеристики процесса. Описанный подход представлен в [1, 2]. Для описания процесса деформирования и разрушения материала конструктивных элементов трубопроводов технологических газов используется система параметров, включающая напряжение σ , деформацию ε , температуру T , степень поврежденности α , время τ , параметры, учитывающие особенности воздействия определенной коррозионной среды q_i ($i = 1..n$). Феноменологическое уравнение, описывающее состояние системы, может быть записано в виде:

$$F(\sigma, \varepsilon, T, \alpha, q_i) = 0, \quad (1)$$

Для построения кинетических уравнений, описывающих изменения параметров q_i применяют следующую систему:

$$\begin{cases} q_1 = c; \\ q_2 = \mu; \\ q_3 = \psi. \end{cases} \quad (2)$$

где c - параметр, характеризующий распределение влияния агрессивной среды по объему конструкции; μ - параметр химического взаимодействия; ψ - параметр сплошности, характеризующий уровень коррозионного поражения конструктивного элемента.

Уравнения, описывающие вышеприведенные параметры, могут быть представлены в следующем виде:

$$\begin{cases} \partial c / \partial \tau = \operatorname{div}(D \operatorname{grad} c) - g(c), \\ d\mu = f(\mu)d\tau + f(c)d\tau + f(\alpha)d\tau + f(T)d\tau, \\ \partial \psi / \partial \tau = \operatorname{div}(G \operatorname{grad} \psi), \end{cases} \quad (3)$$

где D - коэффициент диффузии; $g(c)$ - функция, учитывающая связывание агрессивной среды в процессе химических превращений; G - коэффициент, характеризующий коррозионное сопротивление материала.

$$D = D_0 \exp(-E_0/RT) \quad (4)$$

где D_0 - энтропийный фактор, зависящий от частоты «тепловых ударов» молекул среды ($n \approx 10^{12} \text{ c}^{-1}$),

$D_0 = n \cdot \exp(DS/R)$; R - газовая постоянная; DS - энтропия активации; E_0 - энергия активации диффузии.

Добавляя к приведенным выше соотношениям уравнения устойчивости, прочности, неразрывности, учитывая граничные и начальные условия, соответствующие каждой группе уравнений, получим полную систему, описывающую кинетику изменения состояния конструкции под воздействием как агрессивной среды, так и других внешних воздействий.

Литература

1. Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Механика конструкций с повреждениями: нелинейные модели и методы определения долговечности конструкций, работающих в агрессивных средах // Вестник центрального регионального отделения РААСН. - Тамбов-Воронеж, 2012.- С. 120-127.
2. Овчинников И.Г. Тонкостенные конструкции в условиях коррозионного износа // Расчет и оптимизация. - Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1995.-192 с.
3. Д.А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. - М.: Интеллект, 2008 (4-е изд.).

Понкратов П.А.

Аспирант, Юго-Западный государственный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ДОЛБЕЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ В НАЧАЛЬНОМ СЕЧЕНИИ

Аннотация

В статье предложен и рассмотрен способ определения длины режущей кромки долбежного инструмента, базирующийся на геометрической схеме определения параметров. Важной особенностью является возможность с достаточной точностью определения длины режущей кромки в начальном сечении при проектировании долбяка с целью обеспечения требуемых параметров обрабатываемой поверхности, а также облегчение проектирования при расчете нового инструмента.

Ключевые слова: длина режущей кромки, проектирование, долбяк.

Ponkratov P.A.

Postgraduate student, Southwest State University

DETERMINATION OF CUTTING EDGE LENGTH SLOTTING TOOL GEOMETRIC METHOD IN DETERMINING THE PARAMETERS IN THE INITIAL CROSS SECTION

Abstract

The article proposed and considered way to determine the length of the cutting edge of the slotting tool which is based on a geometric definition schema parameters. An important feature is the possibility to determining with sufficient accuracy the length of the cutting edge in the initial section in the cutter design to provide the required parameters workpiece and facilitate the calculation of a new design tool.

Keywords: the length of the cutting edge, engineering, gear cutter.

Передаточные механизмы и машины, в составе которых содержатся сопряжения рабочих элементов, могут быть выполнены в различных вариантах исполнения. Так, при их расчете, применяется во внимание нагрузочная способность валов и втулок сопряжений, которая должна быть обеспечена из условий эксплуатации. Применение новых типов соединений дает возможность уменьшить массу и габариты, снизить затраты на изготовление и в конечном счете, себестоимость выпускаемой промышленностью продукции [1, с.56-67].

Одним из рациональных способов обработки профильных соединений является обработка долблением [2-4], обеспечивающей, по сравнению с другими способами [5-8], снятие припуска, придание конечной формы и качества поверхности.

При обработке любым металлорежущим инструментом одним из факторов, влияющих на качество обработанной поверхности, является радиус при вершине режущего клина, либо степень кривизны режущей кромки. Так как траектория режущей кромки долбяка при проектировании, определяется как составляющая нескольких дуг окружностей, то простым уравнением окружности описать ее не удастся. Однако, при аппроксимации возможно условно, с целью задания начальных параметров для проектирования, таких, как длина режущей кромки, принять допущение, что каждая кромка режущего лепестка условно описывается сектором окружности (рис. 1). Найдем уравнение для вычисления этой длины исходя из выше принятого допущения:

$$L_c = \frac{\pi \cdot R_c \cdot \alpha_c}{180^\circ}, \quad (1)$$

число сторон обрабатываемого профильного вала $n=3$, радиус описанной около профильного вала окружности $R_{on}=28,87$ мм., радиус профильного вала $R_{np}=50$ мм. Для принятых значений будем иметь следующие значения (табл. 1).

Таблица 1 – Значения длины режущей кромки, полученных при измерении компьютерной модели $L_{факт}$ и рассчитанных по приведенным формулам L_c

Длина режущей кромки L , мм	Типоразмер долбяка				
	№1 $R_0=28,87$	№2 $R_0=40,7$	№3 $R_0=43,3$	№4 $R_0=57,73$	№5 $R_0=86,6$
$L_{факт}$	73,98	97,77	102,93	132,54	192,14
L_c	73,06	97,305	102,67	132,56	192,68
ε $L_{факт}$ и L_c	1,24%	0,48%	0,25%	0,015%	0,28%

ε – абсолютная погрешность

Производя сравнительный анализ, было установлено, что при увеличении типоразмера долбяка и постоянных геометрических показателей обрабатываемой фигуры профильного вала, погрешность полученных формул снижается, а затем может возрасти, однако для проведенной выборки не превышает 1,5%. В связи с чем, указанные формулы можно использовать для предварительного расчета длины режущей кромки в начальном сечении, при проектировании долбяка.

Литература

- Борович Л.С. Бесшпоночное соединение деталей машин. М.: Машгиз, 1951, 132 с.
- Барботько А.И., Понкратов П.А. Анализ методов формообразования элементов профильных соединений // Материалы научно-практической конференции «Современные материалы, техника и технологии». Курск, 2011. С. 271-274.
- Барботько А.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. Особенности изготовления долбежного инструмента для обработки профильных соединений // Техника и технологии: Пути инновационного развития: Материалы 2-й международной научно-практической конференции. Курск 2012 С. 36-39.
- Барботько А.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. Способ графического проектирования долбяков при обработке профильных валов. Заявка на патент Российской Федерации №2011142677, заяв. 21.10.2011 опублик. 27.04.2013. Бюл. №12.
- Барботько А.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. Способ обработки профильного вала со сторонами равной ширины. Патент Российской Федерации №2463129, заяв. 22.03.2011 опублик. 10.10.2012. Бюл. №28.
- Тимченко А.И., Схиртладзе А.Г. Станочный агрегат для фрезерования РК-профильных валов при их поступательном прямолинейном гармоническом движении // Вестник машиностроения. 1991 г., №1. С. 54-56.
- Разумов М.С., Пыхтин А.И., Барботько А.И., Понкратов П.А. Способ обработки профильных валов с выпуклым профилем по заданному размеру. Патент Российской Федерации №2469818, заяв. 30.09.2011 опублик. 20.12.2012. Бюл. №35.
- Емельянов С.Г., Гладышкин А.О., Разумов М.С., Яцун С.Ф. Автоматизация технологической подготовки производства профильных валов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012 г., №1, Ч. 1. С. 164-167.

Кривошеев И.А., Куликов Г.Г., Ризванов К.А.

¹Профессор, доктор технических наук, декан факультета авиационных двигателей, Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ); ²профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления (АСУ), УГАТУ; ³кандидат технических наук, доцент кафедры АСУ, УГАТУ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОРПОРАЦИЕЙ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация

Рассматриваются методологические основы (концепция) управления машиностроительной корпорацией на основе математического и системного моделирования формальных виртуальных производств. В качестве примера приводится проектирование и производство газотурбинных двигателей и их систем автоматического управления в рамках Дивизиона ОДК, включающего ряд ОКБ и заводов. Предлагается организация информационного обеспечения такой виртуальной корпорации на основе единого информационного пространства с использованием концепции и инструментария CALS.

Ключевые слова: виртуальные производства, математическое и системное моделирование, единое информационное пространство.

Krivosheev I.A., Kulikov G.G., Rizvanov K.A.

¹Professor, Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of aircraft engines, Ufa State Aviation Technical University (USATU); ²Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the automated control systems (ACS), USATU; ³Ph.D., assistant professor of ACS, USATU

THE METHODOLOGY OF ENGINEERING CORPORATION BASED ON A MATHEMATICAL SYSTEM MODELING AND VIRTUAL PRODUCTION

Abstract

The methodological framework (concept) Control Engineering Corporation on the basis of mathematical modeling and formal system of virtual enterprises. As an example, the design and manufacture of gas turbine engines and automation systems within the Division of the United Engine Corporation, which includes a number of design bureaus and plants. It is proposed organization of information security of the virtual corporation on the basis of a common information space, using the concepts and tools of CALS.

Keywords: virtual production, mathematical and systems modeling, a single information space.

В настоящее время, в связи с созданием объединенных структур, таких как ОАК, ОДК (а внутри них Дивизионов - например, «Двигатели для боевой авиации», включающих ряд ОКБ и заводов) требуется организация эффективного управления таким распределенными в пространстве производственными структурами. С другой стороны, известна современная технология создания единого информационного пространства (ЕИП) [1] для управления машиностроительной корпорацией на основе организации виртуальных производств [2]. Она является эффективным средством для управления виртуальной корпорацией и может быть реализована рамках концепции CALS с использованием инструментариев математического и системного моделирования, а также интегрированной логистической поддержки жизненного цикла (ЖЦ) («гейтовой системы») сложных изделий, таких как авиационный двигатель [3, 4].

В такой постановке одной из актуальных задач является организация виртуальных производств (ВП) на уровне предприятия, корпорации (холдинга или дивизиона) и виртуальной корпорации (виртуального холдинга или дивизиона), объединенной для выполнения конкретных проектов [5, 6]. Зарубежный опыт показывает, что такие технологии позволяют объединять различные ресурсы, например, интеллектуальные, вычислительные, производственные и др. предприятий, научных организаций и университетов. Использование таких технологий для организации ВП является необходимым условием достижения конкурентоспособности в современном мире.

Опыт авторов показывает, что поставленная задача решается с использованием проектно-процессного и ситуационного управления, которые применяются для принятия решений в сложных аналитических задачах, возникающих на ВП при управлении машиностроительной корпорацией. Выполненный анализ информационных технологий и инструментария, используемых в машиностроительных корпорациях, показал, что для электронного описания сложных изделий необходимо выполнять Программы (проекты) на основе принципов CALS-технологий. При этом использование проектно-процессного и ситуационного управления при организации ВП машиностроительной корпорации позволяет:

- эффективно управлять различными ресурсами корпорации;
- централизованно управлять проектами с применением ERP-систем (например, Infor ERP LN) [7];
- централизованно хранить проектные данные в PLM-системе (например, Teamcenter);
- обеспечивать коллективное взаимодействие на основе проведения видеоконференцсвязи;
- централизованно решать задачи контроля и управления.

В настоящее время на одном из начальных этапов ЖЦ – «функциональное проектирование» рассчитываются различные характеристики и производится оценка будущей стоимости ГТД и их САУ. Для оценки необходимо наличие ERP системы. Начиная с этого момента, вводятся понятия виртуальных ГТД и их САУ, которое ведется на протяжении всех этапов. В соответствии с требованиями стандартов аэрокосмической отрасли серии AS 9100 [8] необходимо обеспечивать сертификацию ГТД и их САУ. Для успешного выполнения сертификации после этапа проектирования, когда создается электронный макет ГТД и их САУ, начинается виртуальная сертификация. По экспертным оценкам это позволяет сократить в 2 раза сроки разработки и время выхода изделий на мировой рынок, а также повысить качество продукта [1, 2, 9].

Проектно-процессную функциональную структуру управления ВП предлагается разрабатывать на основе построения системной модели с применением инструментариев SADT (Рис. 1), UML и DEMO в соответствии с методологией CALS, стандартами системной инженерии ИСО 15288, ИСО 9100 и др.

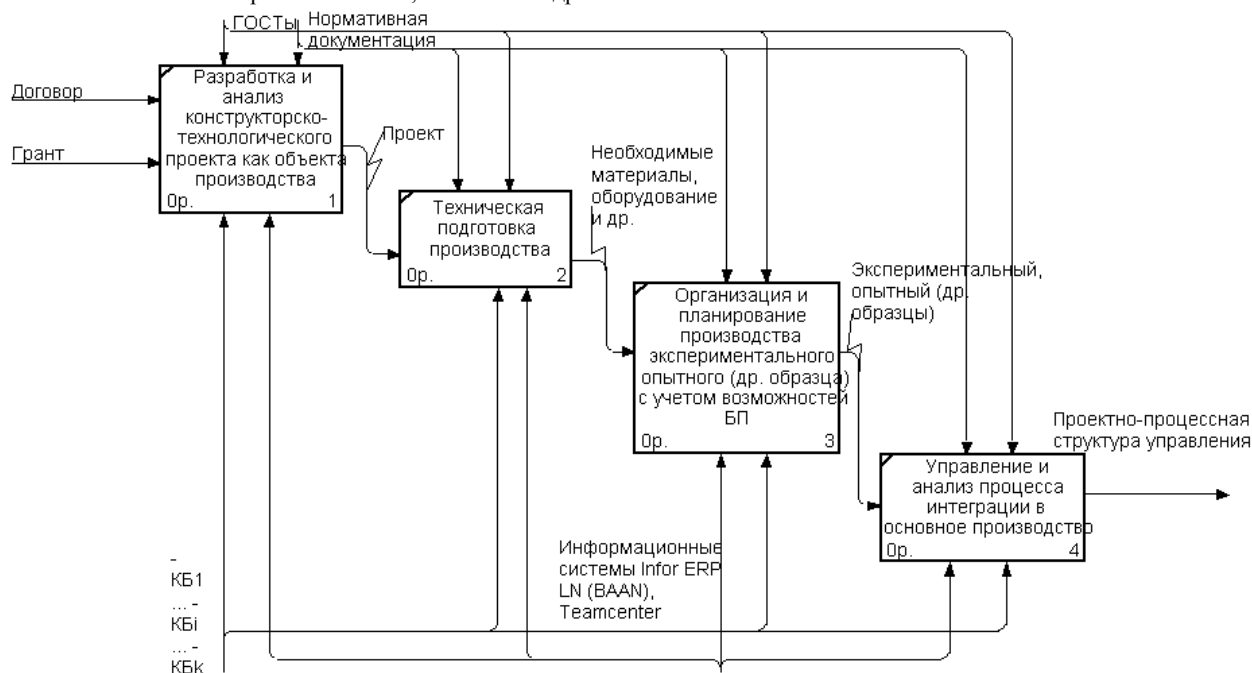


Рис. 1 – Декомпозиция процесса «Организация виртуального производства»

Введем основные правила для ЛПР – лица, принимающего решения, в модели формирования контуров управления ВП (Рис. 2) в рамках ЕИП:

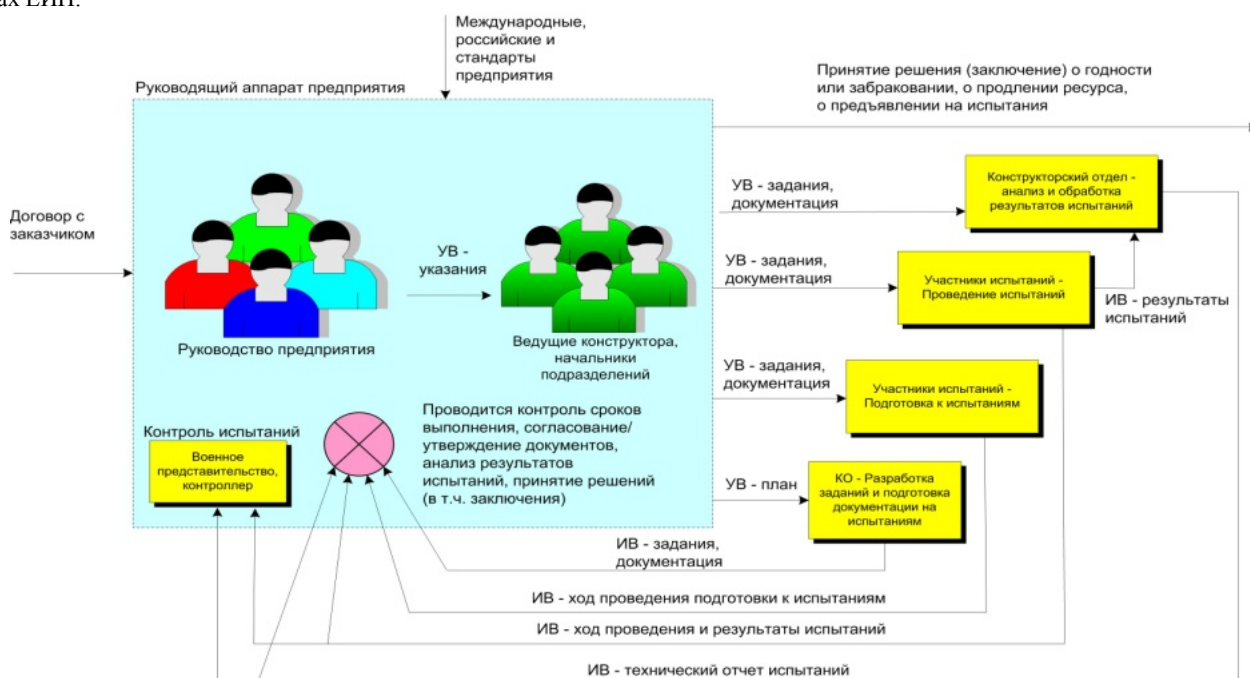


Рис. 2 – Контур управления виртуальными производствами

- объекты, функции, документы выбираются из соответствующих справочников;

- связи выбираются из множества связей моделей объекта организационно-функциональной и технологической моделей бизнес-процесса;
 - контуры управления (КУ) документируются соответствующей инструкцией;
 - документация в КУ включается в систему менеджмента качества.
- В настоящее время выделяют 2 основных принципа интеграции в БП:
- комплексное производство, включающее в себя опытное и БП;
 - интеграция опытного производства в БП.

Предлагается системно-структурные семантические модели детализировать до IDEF, UML и BPMN-моделей. Рассмотрим фрагменты BPMN-моделей проектно-ситуационного управления ВП (Рис. 3). Они применяются для организации совещаний по проектированию, КТПП, финансовым вопросам, организации ВП и т.д.

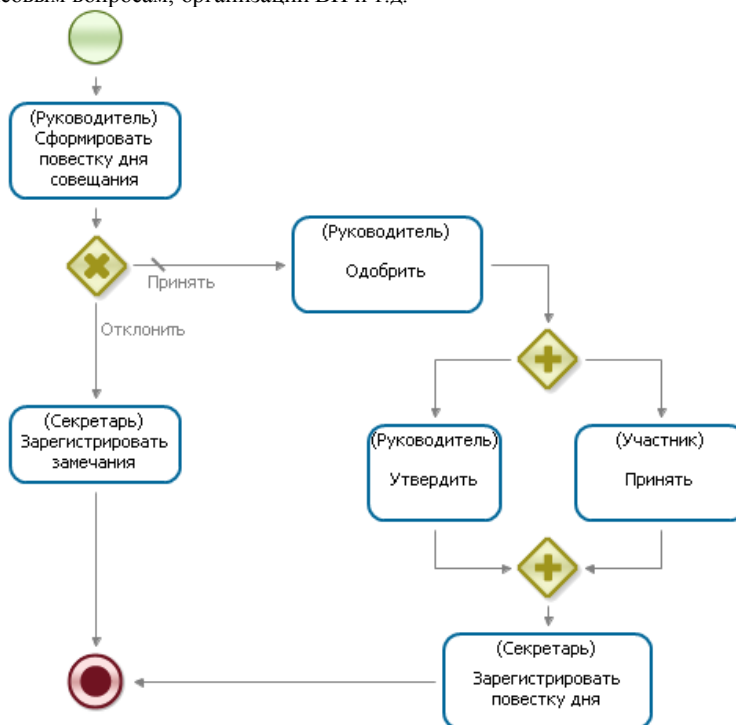


Рис. 3 – Фрагмент BPMN-модели проектно-ситуационного управления

В заключении сформулируем необходимые условия и правила структуризации и формализации единого информационного пространства при разработке указанной методологии:

- основными объектами являются информационные модели (информационные объекты) физических, конструкторских и технологических элементов, отображаемых в форме документов;
- для обеспечения идентификации и прослеживаемости указанных информационных объектов (документов) необходимы системные иерархические классификаторы, кодификаторы или реестры;
- для идентификации прослеживаемости с помощью указанных классификаторов необходимо составить информационные модели для документов (объектов) в соответствии с CALS-методологией.

Работа по реализации данной концепции ведется авторами на основе накопленного ранее опыта и разработанных средств [1-7].

Литература

1. Кульга К.С., Кривошеев И.А. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Кривошеев И.А., Селиванов С.Г. Компьютерное моделирование в инновационном проектировании авиационных двигателей. – М.: Машиностроение, 2010. – 330 с.
3. Куликов Г.Г., Ризванов К.А. Формирование структуры модели жизненного цикла ГТД, отвечающей требованиям CALS-технологий // Матер. 4-й науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. М.: ОАО "ОКБ Сухого". – 2007. – С. 661-664.
4. Куликов Г.Г., Ризванов К.А. Информационная интеграция стадий жизненного цикла ГТД и системы автоматического контроля и диагностики в соответствии с требованиями CALS // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010, № 8 (75). – С. 117-120.
5. Куликов Г.Г., Ризванов К.А., Христюков В.Л. Организация единого информационного пространства для распределенного выполнения проектов в авиадвигателестроении // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. Сер. Управление в социальных и экономических системах. – 2012. Т.16, № 6 (51). – С. 202-210.
6. Куликов Г.Г., Ризванов К.А., Денисова С.С. Архитектура интегрированной информационной модели для разработки, производства и эксплуатации ГТД совместно с его системой автоматического управления, контроля и диагностики // ISSN 1998-6629. Вестник СГАУ им. ак. С.П. Королева № 3 (19) Часть 1. Спец. выпуск, подгот. по матер. межд. науч.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». – 2009. – С. 244-252.
7. Ризванов К.А., Никулина Н.О. Построение единого информационного пространства на примере INFOR ERP LN для управления проектами // Матер. V Всерос. науч.-техн. конф., Уфа: ОАО «УМПО». – 2011. – С.290-293.
8. Государственный стандарт России от 13 декабря 2011 года. ГОСТ Р ЕН 9100-2011 Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования.
9. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Аннотация

В статье представлены результаты исследования динамических параметров механотерапевтического устройства, для реабилитации коленного сустава нижних конечностей человека, разрабатываемого на основе мехатронных биоинженерных технологий.

Ключевые слова: механотерапия, коленный сустав, динамика, мехатронная система

Rukavitsyn A.N.¹, Zhmareva A.V.²

¹Associate Professor, Candidate of technical sciences, ²Student, South-Western State University

DYNAMICS RESEARCH MECHATRONIC UNIT FOR REHABILITATION OF THE KNEE

Abstract

The paper presents the results of a study of dynamic parameters therapeutic device for the rehabilitation of the knee joint of the lower extremities of a person, on the basis of the developed mechatronic bioengineering.

Keywords: mechanic therapeutic, knee joint, dynamics, mechatronic system

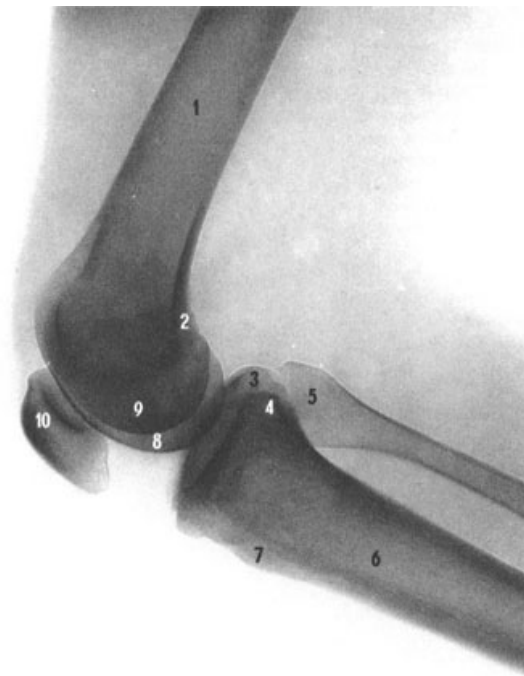
В современном мире нас повсюду окружают новейшие достижения техники. Невозможно представить ни одну из сфер деятельности человека без использования мехатронных систем (МС). Одной из таких сфер является медицина, в частности, реабилитационная. Поскольку современная медицина думает не только о спасении жизни пациента, но и о том, каково будет её качество после окончания обязательных процедур, то в последние годы большое развитие получили реабилитационные МС, предназначение которых – не только облегчить труд врача-физиотерапевта, но и существенно расширить его возможности, позволяя имитировать естественные движения человека, подбирать индивидуальные программы для каждого пациента, осуществлять непрерывный контроль за его состоянием во время процедур [1]. Примером таких разработок служат устройства для реабилитации нижних конечностей человека (см. рис.1).



Рис. 1 - Устройство L4 для CPM – терапии нижних конечностей

Данное устройство предназначено для лечения и реабилитации больных с травмами и заболеваниями в области тазобедренного и коленного суставов. Может применяться при лечении последствий ДЦП, восстановлении двигательной активности после инсультов, послеоперационный период, повреждении периферических нервов, сосудистых заболеваниях. Несмотря на очевидные достоинства подобных устройств, им присущи следующие недостатки. Во-первых, большинство конструкций позволяют реализовать только один вид движения – сгибание (разгибание) сустава; во-вторых, необходимо создавать принципиально новые способы управления, позволяющие не только производить запрограммированные движения, но и адаптироваться к изменяющимся условиям для получения наилучшего результата [2].

Коленный сустав (см. рис.2) - это шарнирный тип синовиального сустава. Его важнейшая его функция - это сгибание и разгибание, при этом коленный сустав допускает и небольшие повороты в стороны. Движение в коленном суставе происходит между синовиальными соединениями нескольких костей, которые включают коленную чашечку, бедренную и большеберцовую кости. При сгибании и разгибании сустава движение осуществляется между головками бедренной кости и уплощенной верхней частью большеберцовой кости.



1 — бедренная кость 2 — межмыщелковая яма бедренной кости; 3 — латеральный мыщелок большеберцовой кости; 4 — медиальный мыщелок большеберцовой кости; 5 — головка малоберцовой кости; 6 — большеберцовая кость 7 — бугристость большеберцовой кости; 8 — медиальный мыщелок большеберцовой кости; 9 — латеральный мыщелок большеберцовой кости; 10 — надколенник.

Рис.2 - Коленный сустав, правый (рентгеновский снимок).

В случае передачи вращательного движения мышц, кости которых вращаются в шаровой опоре - в коленном суставе, основную роль играют всевозможные связки, которые ограничивают перемещение соответствующих костей. При воздействии импульса от мозга, мышца сокращается и распрямляясь, она отдаёт энергию упругой деформации, вследствие чего передаётся момент силы с опорой на колено. Реактивная сила (сила противоположна направлению действия момента силы и равная ей по величине) действует в коленном сочленении. Коленный сустав функционирует как механизм сгибания – разгибания [3].

При разработке подобных устройств необходимо определить кинематические соотношения, описывающие движения нижней конечности человека, для чего воспользуемся расчетной схемой, представленной на рис.3.

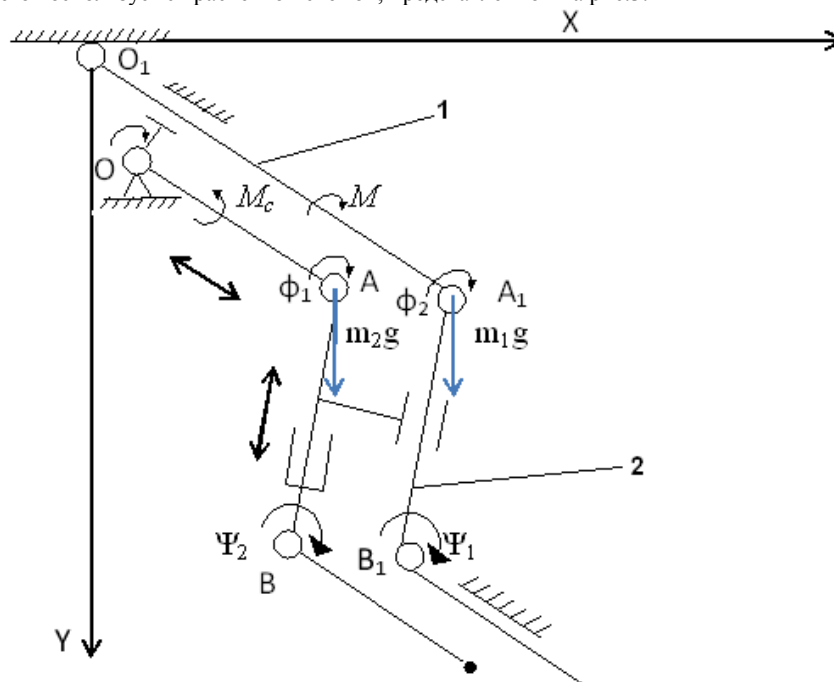


Рис. 3 - Расчетная схема реабилитационного устройства для нижней конечности человека: 1 - бедренная кость (звено O_1A_1); 2 - большеберцовая кость (звено A_1B_1).

Уравнения координат точек A_1 и B_1 , определяющих положение коленного и голеностопного суставов соответственно, имеют вид:

$$\begin{cases} X_{A_1} = l_{O_1A_1} * \sin \varphi_1 \\ Y_{A_1} = l_{O_1A_1} * \cos \varphi_1 \end{cases} \begin{cases} X_{B_1} = X_{A_1} - l_{A_1B_1} * \sin (\varphi_1 - \varphi_2) \\ Y_{B_1} = Y_{A_1} - l_{A_1B_1} * \cos (\varphi_1 - \varphi_2) \end{cases}$$

Для составления уравнений, описывающего динамику реабилитационного устройства для коленного сустава, применим уравнения Лагранжа II рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i.$$

Кинетическая энергия звена O_1A_1 , совершающего вращательное движение относительно неподвижной точки:

$$T = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1 l^2}{3} \omega^2,$$

$$\omega = \dot{\varphi}$$

где $\dot{\varphi}$ – обобщенная скорость.

$$\frac{\partial T}{\partial q_i} = 0, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) = \frac{m_1 l^2}{3} \ddot{\varphi}$$

Поскольку в начальный период времени система находится в состоянии покоя, то $\dot{\varphi} = 0$ а $\ddot{\varphi} = 0$.
Обобщенная сила может быть определена из выражения работы сил на элементарных перемещениях системы

$$Q = M - M_c + m_1 g \sin \psi_1 + m_2 g \sin \psi_2$$

где M – управляющий момент привода коленного модуля, приложенный к звену O_1A_1 ,
- M_c – момент сопротивления,

$$m_1 g, m_2 g$$

– силы тяжести звеньев O_1A_1 и A_1B_1 соответственно.

Уравнение для обобщенной скорости имеет вид:

$$\ddot{\varphi} = \frac{3(M - M_c + m_1 g \sin \psi_1 + m_2 g \sin \psi_2)}{m_1 l^2}.$$

Для определения момента воспользуемся уравнением Хилла, которое позволяет выявить зависимость скорости укорочения мышцы от величины развиваемой силы [4]. В общем случае уравнение имеет вид:

$$V(P) = \frac{b(P_0 - P)}{P + a},$$

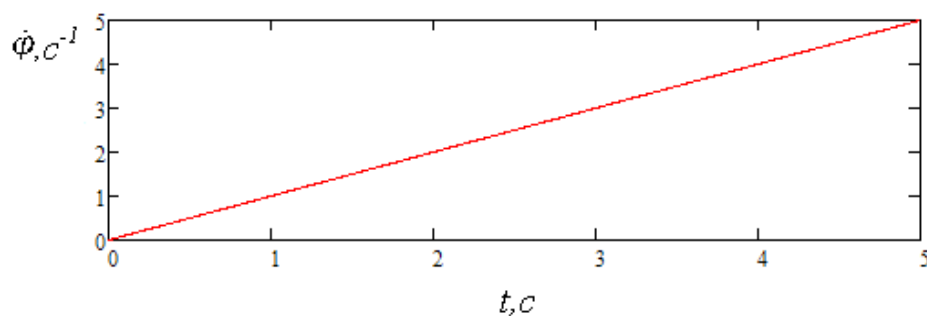
откуда определим оптимальную величину управляющей силы:

$$0.65 P_0 b = (0.35 P_0 + a) V,$$

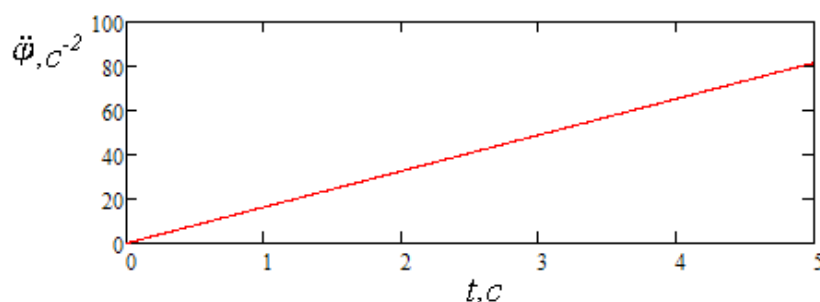
где P_0 – максимальное значение силы,

- a и b – эмпирически вычисленные константы.

На основе представленных выражений с помощью пакета блочного моделирования *Matcad* получены графики (см. рис. 4,5) скоростей и ускорений при наличии и отсутствии момента сопротивления.



а)



б)

Рис.4 - Зависимости скорости (а) и ускорения (б) от времени при $M_c=0$

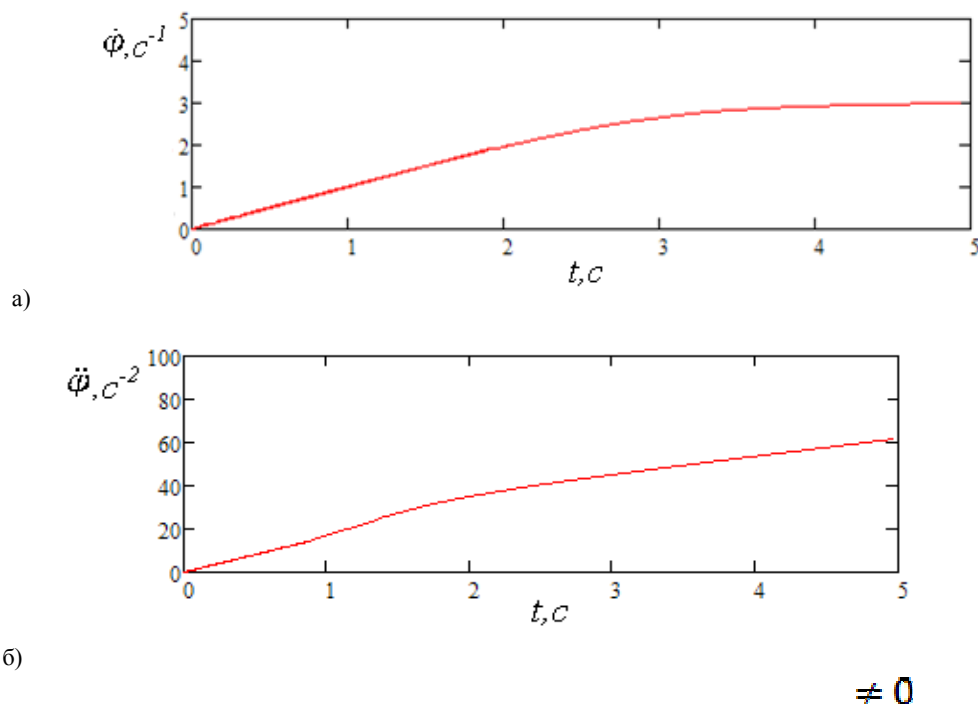


Рис.5 – Зависимости скорости (а) и ускорения (б) от времени при M_c

Исходя из анализа полученных результатов, необходимо отметить, о необходимости учета естественных движения в коленном суставе человека при совместном движения с механотерапевтическим реабилитационным устройством. Указанное взаимовлияние должно происходить механические устройства, общую нагрузку, через общий источник энергии, а также вследствие естественных и искусственных динамических связей между каналами в блоке управления. Разработка уточненной математической модели рассматриваемой МС позволит провести анализ поведения исполнительного звена, с целью получения необходимых данных определяющих рабочую область движения исполнительного органа, а также форму траекторий, которую должна обеспечивать система реабилитации для реализации естественных движений нижних конечностей человека.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Литература

1. Яцун, С.Ф. Медицинская робототехника [Текст]:/С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын, А.Ю. Чижев//DNY VĚDY – 2013: Materiály IX mezinárodní vědecko - praktická konference /Praha (Чехия), Publishing House «Education and Science», 2013, с.64-67
2. Яцун, С.Ф. К вопросу создания биоинженерного мехатронного модуля для экзоскелета человека [Текст]:/С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын// БЪДЕЩИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ - 2013: Материали за IX международна научна практична конференция, Т. 23 Биологии/София (Болгария), изд-во «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013, с.88-94
3. Яцун, С.Ф. Определение параметров приводов биоинженерных мехатронных модулей для экзоскелета нижних конечностей человека [Текст]:/С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын//Известия ЮЗГУ, Серия: Техника и технологии, Ч.1 - №2. - Курск, 2012, с.196-200
4. Яцун, С.Ф. Кинематический анализ движения руки в локтевом суставе при реабилитации методами механотерапии [Текст]: / С.Ф. Яцун, Е.С. Тарасова// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.13, №4(4), 2011, с.1215-1220

Русинова Н.В.¹, Егорова И.Е.²

¹Кандидат технических наук; ²магистрант Поволжский государственный технологический университет

ОТБОР В РУБКУ ДЕРЕВЬЕВ ВНУТРИ БИОГРУППЫ

Аннотация

С целью создания условий, способствующих благоприятному росту лучшего дерева в биогруппе, предлагается вырубать конкурирующие деревья, занимающие наибольшие площади произрастания по сравнению с площадью роста центрального дерева.

Ключевые слова: рубки ухода, отбор деревьев в рубку, площадь произрастания, биогруппа.

Rusinova N.V.¹, Egorova I.E.²

¹ Candidate of Technical Sciences; ²master student Volga State University of Technology

SELECTION IN THE CUTTING OF THE TREES INSIDE BIOGROUP

Abstract

In order to create the conditions which contribute the favorable growth in Biogroup better wood, it is proposed to cut down the competing trees, occupying the largest area of growth compared to the growth of the central area of the tree.

Ключевые слова: the lumbering, the selection of trees for cutting, the area of growth, the Biogroup.

Хозяйственная деятельность (в частности, рубки ухода) направлена на повышение биологической продуктивности лесных экосистем без изменения их типа. Небрежное проведение рубок повышает фауность, захламленность и пожароопасность древостоя, а также способствует смене одних пород другими. Для предотвращения нежелательных последствий рубок необходимо подбирать параметры (отбор деревьев, интенсивность изреживания) и технологию в соответствии с характеристиками древостоя.

Отбор деревьев целесообразно начинать с отбора лучших деревьев, а затем по отношению к ним вспомогательных (полезных) и мешающих [4].

С целью определения деревьев максимальной продуктивности отбор производят по классификации, учитывающей три показателя: качество кроны, ствола, характер роста. Количество оставляемых для дальнейшего роста деревьев определяется отношением диаметра дерева к его высоте в интервале 0,8...1,1 [2]. Визуальный отбор вспомогательных и мешающих деревьев в большинстве случаев ошибочен. Вместо мешающих вырубает полезные деревья, что влияет на рост, в частности по диаметру, лучшего дерева.

В связи с этим при назначении деревьев в рубку предлагается учитывать площади произрастания деревьев в биогруппе, состоящей из одного центрального (лучшего) дерева и нескольких (4 – 12) окружающих его деревьев [3].

Термин “площадь произрастания” в нашем случае можно рассматривать как некую биологическую (и одновременно как расчетную) величину, которая изменяется в зависимости от возраста деревьев, их диаметров, соотношения между поколениями деревьев, а также техногенного воздействия человека (в особенности воздействия прошлых лесозаготовительных процессов) [5]. Площадь произрастания i -го дерева в биогруппе вычисляется по формуле

$$S_i = \frac{S_B (S_{сек})_i}{\sum_{i=1}^n (S_{сек})_i}, \quad (1)$$

где S_i – площадь произрастания i -го дерева в биогруппе, m^2 ; S_B – площадь биогруппы, m^2 ; $\sum_{i=1}^n (S_{сек})_i$ – суммарная площадь секторов всех деревьев группы, m^2 ; $(S_{сек})_i$ – площадь сектора i -го дерева в биогруппе, m^2 .

Площадь биогруппы рассчитывается аналитическим способом по координатам граничных деревьев [1]

$$S_B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})}{2}; \quad (2)$$

$$S_B = \frac{\sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1})}{2},$$

где $(x_i; y_i)$ – координаты дерева, m ; $(x_{i+1}; y_{i+1})$, $(x_{i-1}; y_{i-1})$ – координаты соответственно следующего и предыдущего деревьев, m .

Площадь вычисляют по обеим формулам, одна из которых принимается за основную, а другая используется в качестве контрольной.

В пространственной структуре биогруппы соседние деревья своими поперечными сечениями участвуют не полностью, а лишь их долей или секторами. Площадь сектора ствола дерева определяется по формуле

$$S_{сек} = \frac{\pi D_{1,3}^2}{40000} \times \frac{n}{360}, \quad (3)$$

где $S_{сек}$ – площадь сектора дерева, входящего в биогруппу, m^2 ; $D_{1,3}$ – диаметр дерева в коре на высоте 1,3 м, m ; n – угол между образующими сторонами сектора, град.

Если размеры биогруппы постоянны, то угол сектора поперечного сечения дерева также постоянен. Тогда динамика площади сектора связана с изменениями диаметра дерева на высоте 1,3 м. После рубки граничных деревьев происходит изменение площади биогруппы за счет увеличения расстояний между деревьями, а значит и соотношения в ней площадей, занимаемых лидером и соседними с ним деревьями.

Исследования проводились в 25-ти пройденных рубками ухода выделах Кокшамарского лесничества Кокшайского лесхоза Республики Марий Эл. Результаты расчетов площадей произрастания деревьев в биогруппе, заложенной на лесном участке в выд. 25 кв. 52, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Площади произрастания деревьев в биогруппе до и после рубки

Площади произрастания деревьев															
в год рубки			год после рубки												
№	m^2	%	№	1		2		3		4		5		6	
				m^2	%	m^2	%	m^2	%	m^2	%	m^2	%	m^2	%
42	5,74	15,21	42	7,17	16,67	7,37	17,14	7,44	17,29	7,53	17,51	7,78	18,10	7,87	18,30
35	2,44	6,45	35	3,37	7,84	3,28	7,62	3,22	7,48	3,17	7,37	3,11	7,24	3,07	7,14
38	1,04	2,77	38	1,27	2,94	1,43	3,33	1,41	3,27	1,39	3,23	1,36	3,17	1,34	3,13
41	6,26	16,59	41	7,80	18,14	7,58	17,62	7,64	17,76	7,53	17,51	7,59	17,65	7,49	17,41
43	2,96	7,83	43	3,58	8,33	3,48	8,10	3,62	8,41	3,57	8,30	3,70	8,60	3,65	8,48
48	2,44	6,45	48	2,95	6,86	3,07	7,14	3,01	7,01	2,97	6,91	2,92	6,79	2,88	6,70
53	4,35	11,52	53	5,27	12,26	5,32	12,38	5,22	12,15	5,35	12,44	5,25	12,22	5,38	12,50
60	3,31	8,76	60	4,01	9,31	3,89	9,05	3,82	8,88	3,96	9,22	3,89	9,05	3,84	8,93
63	4,18	11,06	63	5,90	13,73	5,73	13,33	5,83	13,55	5,75	13,37	5,64	13,12	5,76	13,39
105	5,05	13,36	91	1,69	3,92	1,84	4,29	1,81	4,20	1,78	4,15	1,75	4,07	1,73	4,02

В табл. 1 полужирным шрифтом без наклона выделены значения лучшего дерева; полужирным курсивом – значения мешающего дерева; курсивом – значения вырубленного и нового граничного деревьев.

По данным табл. 1 видно, что в результате рубки дерева № 105 и замены его деревом № 91 площадь биогруппы увеличилась с 37,75 m^2 до 43,00 m^2 . На момент рубки площадь произрастания дерева № 105 составляла 13,36% от площади биогруппы. Площадь произрастания лучшего дерева (№ 42) – 15,21%. Наибольшую площадь в биогруппе занимает дерево № 41 – 16,59%.

В связи с этим, по отношению к лучшему дереву дерево № 105 – полезное, дерево № 41 – мешающее и создающее неблагоприятные условия для роста лучшего дерева. Через год после рубки площадь произрастания дерева № 41 составила 18,14% от площади новой биогруппы и в шестом году уменьшилась до 17,41%.

Между лучшим и мешающим деревьями прослеживается конкурентная борьба за благоприятные условия для дальнейшего роста. В отличие от дерева № 41 у лучшего дерева № 42 наблюдается тенденция к увеличению площади произрастания. В первый год после рубки его площадь произрастания составила 7,17 m^2 (16,67%), а в шестой год – 7,87 m^2 (18,30%). В четвертом году после рубки площади произрастания этих деревьев оказались равными 7,53 m^2 (17,51%).

Увеличение площади произрастания лучшего дерева произошло за счет небольшой площади произрастания нового дерева № 91, составляющей приблизительно 4,00% от площади биогруппы.

Таким образом, для создания условий, способствующих хорошему росту лучшего дерева, необходимо вырубать конкурирующие деревья, занимающие наибольшие площади произрастания по сравнению с площадью роста центрального дерева. В данном случае, в следующий прием рубки рекомендуется назначить дерево № 41.

Литература

1. Буденков Н.А. Курс инженерной геодезии: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1995. – 296 с.
2. Воропанов П.В. Управление ростом и развитием деревьев в лесу. М.: Гослесбумиздат, 1954. – 24 с.
3. Мазуркин П.М., Русинова Н.В. Изменение площади места произрастания лидирующего дерева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2001. № 1 – С. 14-20.
4. Несплошные рубки леса / Н.Р. Гильц, В.В. Федоров, В.А. Васюков, К.К. Демин. М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 192 с.
5. Русинова Н.В. Разработка технологии рубок ухода (прореживания) с учетом размещения биогрупп деревьев: дис. канд. техн. наук. – Йошкар-Ола, 2003. – 195 с.

Русинова Н.В.¹, Ошаева Л.А.²

¹Кандидат технических наук; ²магистрант Поволжский государственный технологический университет
ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ РУБОК УХОДА ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ ДЕРЕВЬЕВ НА ЛЕСНОМ УЧАСТКЕ

Аннотация

Выполнена оценка интенсивности рубок ухода на основе выявленной закономерности распределения деревьев и пней по территории лесного участка.

Ключевые слова: рубки ухода, интенсивность рубки, распределение деревьев, лесной участок.

Rusinova N.V.¹, Oshaeva L.A.²

¹ Candidate of Technical Sciences; ² master student Volga State University of Technology
EVALUATION OF INTENSIVE LUMBERING BY LOCATION OF TREES IN FOREST AREAS

Abstract

Here is an evaluation of the intensity of lumbering on the basis of the revealed law of distribution of trees and stumps on the territory of the forest area.

Keywords: the lumbering, the intensity of lumbering, the distribution of trees, the forest area.

Рубки ухода, создавая благоприятные условия (приток света, тепла, влаги), увеличивают освещенность крон и изменяют прирост растущих деревьев, уменьшают естественный отпад и со временем восстанавливают запас насаждения. При этом основное внимание обращается на состав, густоту и равномерное пространственное размещение деревьев на участке леса [3, 6].

Для многих природных явлений характерно мультипликативное объединение действия и противодействия [1], учитывающее уровни развития объектов, подчиняющихся экспоненциальной или степенной зависимости. В случае суммирования статичного и динамичного процессов относительно фактора процесса изменение его параметра определяется по уравнению

$$y = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4}) + a_5 x^{a_6} \exp(-a_7 x^{a_8}). \quad (1)$$

где y – параметр процесса; x – фактор процесса; $a_1 \dots a_8$ – коэффициенты уравнения.

В связи с чем, при выявлении закономерностей распределения деревьев на участке леса необходимо учитывать климатические и техногенные факторы.

Экспериментальные исследования по методикам [2, 4] были проведены в Кокшамарском лесничестве Кокшайского лесхоза Республики Марий Эл. Пробные площади размером 20х60 м (рис. 1) были заложены в 25 выделах, однородных по таксационным показателям и параметрам рубок ухода: сосново-березовые насаждения с небольшими примесями ели и осины; тип лесорастительных условий – А2; тип леса – сосняк зеленомошниковый; полнота – 0,8; крутизна склонов в пределах от 0 до 10°; интенсивность рубки по запасу – 30% (согласно лесорубочным билетам).

После моделирования опытных данных (численность деревьев и пней на пробной площади до и после рубки) в программной среде «Curve Expert» при установленных ограничениях (количество лент – шесть) был определен общий вид уравнения, описывающего изменение численности деревьев и пней до и после рубок:

$$N = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x) + a_4 x^{-a_5} \exp(a_6 x) \cos(a_7 x + a_8), \quad (2)$$

где x – номер ленты; a_1, a_2, \dots, a_8 – коэффициенты уравнения.

Первая составляющая анализирует влияние на численность деревьев климатического фактора, вторая – техногенного фактора.

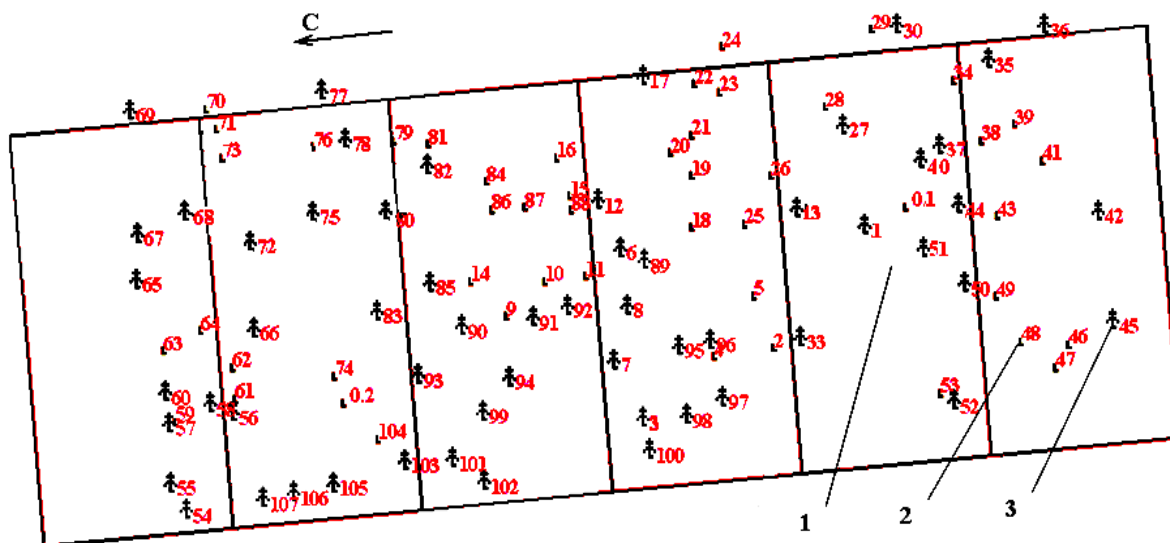


Рис. 1. – Расположение лент на исследуемом участке [5] 1 – лента; 2 – пень; 3 – дерево

Например, распределение деревьев и пней на участке, расположенном в выд. 41 кв. 52 Кокшамарского лесничества (табл. 1), выполняется по выражениям (3), (4) и (5) с достоверной вероятностью не менее 95%.

Таблица 1 – Проверка уравнений на адекватность

номер ленты	Численность деревьев до рубки, шт.	Численность деревьев после рубки, шт.	Численность пней после рубки, шт.	Интенсивность рубки, %
1	12	4	8	66,67
2	14	10	4	28,57
3	22	12	10	47,83
4	21	10	11	52,38
5	21	12	9	42,86
6	11	9	2	33,33
всего	101	57	44	45,27

Численность деревьев до рубки

$$N = 131,02086x^{3,8266115} \exp(-1,8481101x) + 86,071786x^{-4,2869393} \exp(1,0308622x) \times \cos(1,1512045x + 0,45540674) \quad (3)$$

численность деревьев после рубки

$$N_{дер} = 7,0287699x^{1,7490386} \exp(-0,47752308x) + 1,2217273x^{3,8546269} \exp(-1,2200494x) \times \cos(2,2595846x - 5,4588965) \quad (4)$$

численность пней после рубки

$$N_{пн} = 399,65029x^{-4,8673839} \exp(-0,98100318x) - 77,770223x^{-4,5426438} \exp(1,0852973x) \times \cos(0,73481676x + 0,17219048) \quad (5)$$

На рис. 2 показано изменение количества деревьев и пней на лесных лентах.

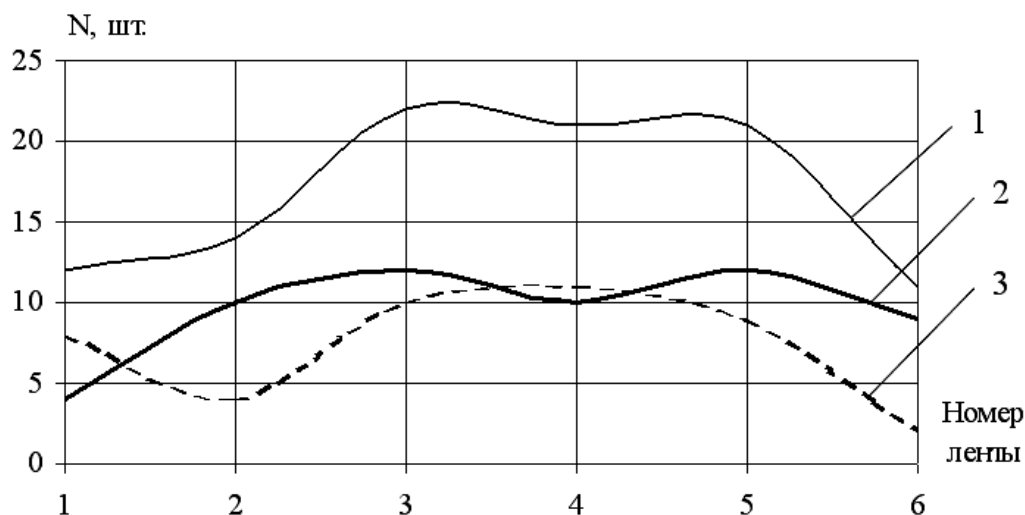


Рис. 2. – Изменение численности деревьев до и после рубки ухода (проходная) (кв. 52 вид. 41 Кокшамарское лесничество):

1 – численность деревьев до рубки; 2 – численность деревьев после рубки; 3 – количество пней после рубки

По рис. 2 и данным табл. 1 видно, что наибольшее количество деревьев от 20 до 25 шт. произрастало на лентах 3, 4 и 5, поэтому рубка ухода на этих лентах выполнялась с наибольшей интенсивностью 47,83 %, 52,38 % и 42,86 % соответственно. На первой ленте интенсивность составила 66,67 %, однако на общий характер распределения деревьев (рис. 2) на участке леса после рубки такая интенсивность не повлияла, что свидетельствует о правильно подобранном проценте интенсивности рубки.

Таким образом, полученное уравнение (2) позволяет анализировать размещение деревьев и пней на участке леса, что может быть полезным при разработке новых технологий рубок ухода (прореживания) и проходных, направленных на улучшение условий произрастания деревьев.

Литература

1. Мазуркин П.М. Статистическая биометрия и экология. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. 36 с.
2. Мазуркин П.М., Колесникова А.А., Бедертдинов Э.Н., Русинова Н.В. Способ испытания растущих деревьев после рубок прореживания и проходных // Патент России № 2229127. 2004. Бюл. № 14.
3. Мелехов И.С. Лесоводство. 2-е изд., испр. М.: Наука, 2003. 320 с.
4. Русинова Н.В., Мазуркин П.М. Методика определения местоположения деревьев и пней для построения лесной тематической карты // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 6. – С. 61–66.
5. Русинова Н.В., Мазуркин П.М. Способ построения электронной карты выдела или делянки // Патент России № 2399196. 2010. Бюл. № 14.
6. Русинова Н.В. Разработка технологии рубок ухода (прореживания) с учетом размещения биогрупп деревьев: Автореф. дис. канд. кехн. наук. – Йошкар-Ола, 2003. – 20 с.

ОЦЕНКА ИЗНОСА ПАРЫ ТРЕНИЯ АВИАЦИОННОГО АГРЕГАТА

Аннотация

В статье рассматриваются основные виды отказов и их причины для шестеренных насосов системы топливопитания авиационных двигателей. Отмечается, что значительная часть отказов шестеренных насосов непосредственно связаны с условиями работы пары трения «торцы зубьев шестерен – подпятник». Проведен анализ работы пары трения «торцы зубьев шестерен – подпятник», который позволил методами теории фрикционной усталости объяснить причины возникновения основных видов отказов шестеренного насоса.

Ключевые слова: Шестеренный насос, трение, износ, долговечность, пара трения «торцы зубьев шестерен – подпятник».

Aistov I.P.¹, Svishev A. V.²

¹Doctor Technical Sciences, Omsk State Technical University; ²Postgraduate student, Omsk State Technical University

WEAR ASSESSMENT OF GEAR PUMP THE FRICTION PAIR

Abstract

There are considered basic types of refusals and their reasons for gear pumps for fuel-delivery system of aviation engines in the report. It is noticed that a considerable part of gear pumps refusals depends mainly on work conditions of friction pair "heel ends of gear wheels teeth - heel". The analysis of work of friction pair "heel ends of gear wheels teeth - heel" has allowed using the theory of frictional fatigue to explain reasons of occurrence the main kinds of failures of gear pump.

Keywords: gear pumps, friction, wear, durability, friction pair "heel ends of gear wheels teeth - heel".

The results of the analysis of aviation unit failures are given in the paper [1], namely, the gear pump of fuel-delivery system of aviation engines returned for repair during 1970 - 2005. About 1,5 thousand units or 5-6% in total, manufactured at the producing plant (fig. 1) were analyzed according to manufacturer reports.



Fig. 1. Gear pumps fuel-supply system of aircraft engines AI-25 and AI-25T: 1 - unit, 2 - unit, 3 - pair friction "ends of gear teeth - saddle."

As a result, the main reasons of the unit's failure according to the given criterion were discovered (tab., fig. 2-5).

Three last types of the units failures are directly connected with operating conditions of the "gear teeth ends – end thrust bearing" friction pair and reach about 45% of all types of failures, which is in good agreement with other literary sources [2, 3, 4].

Usually, for aviation units, the high accuracy in production of the components, the feature-based precision and strength control meet all necessary requirements; and the system of acceptance tests and a trial run of assembled units show their compliance with output passport specifications; further on the units are operated in comparable conditions.

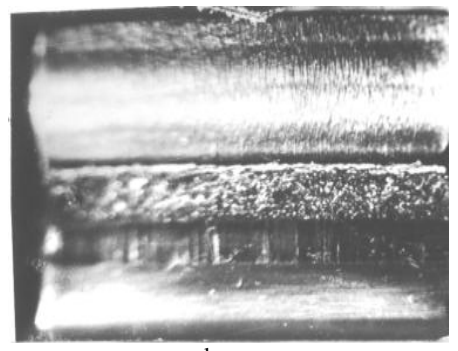
The main reason of the early failures is the actual loaded condition of the unit, which mainly depends on design features and its actual relative position of the assembled unit components, i.e. the combination of its manufacturing and installation errors. The assessment of a relative position of gear pump assembled components was realized by means of probability vector representation of manufacturing and installation errors. [5, 6].

Table 1- The main types of aviation gear pump failures and their reasons (units)

Type of unit's failure	Identified cause of failure
1. Unit's failure due to the following defect: "Fuel pressure disturbance in the engine" (failures share – 46,7% of total quantity of failures)	The reason is a heavy increase in volume losses of power fluid from a discharge chamber into an inlet chamber of the pump through a field due to opening of contacts of operating profiles of gear teeth. This provokes a dynamic load increase at gear teeth and growing of contact stresses, resulting in increased wear of gear teeth of the pump (fig. 2).
2. Unit's failure due to the following defect: "Misfire" (failures share – 18,3 %)	The reason is growing of volume losses of power fluid in gear pump pockets and falling of its volume efficiency. Thus the pump disassembly shows an increased wear of surfaces of end thrust bearing mechanical seals of the gear pump (fig. 3).
3. Unit's failure due to the following defect: "Cutting waste in the filter" (failures share – 11,7 %)	The wear of gear teeth (fig. 1), end thrust bearings and bearing assembly (fig. 4). The reason is the loss of strength of the leading gear spindle, caused by its fatigue failure (fig. 5).
4. Unit's failure due to the following defect: "Engine speed loss and it's stop" (failures share – 15 %)	



a



b

Fig. 2. Wear of gear teeth pump: A - on the head of a tooth, b - by tooth root.

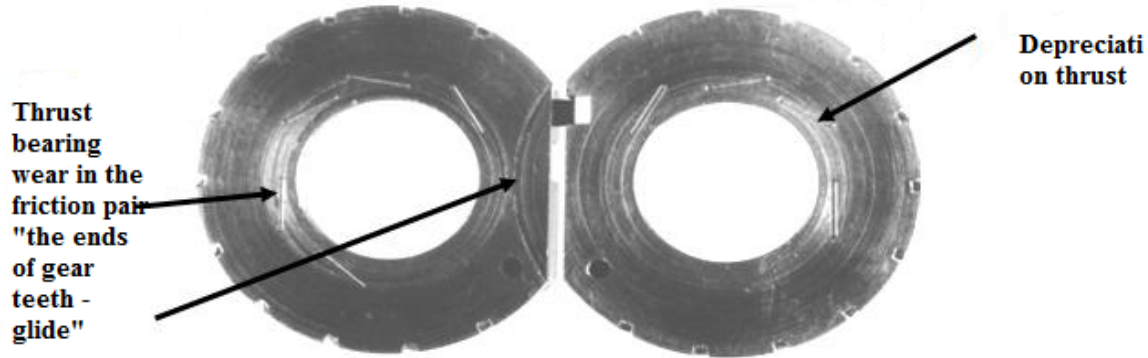
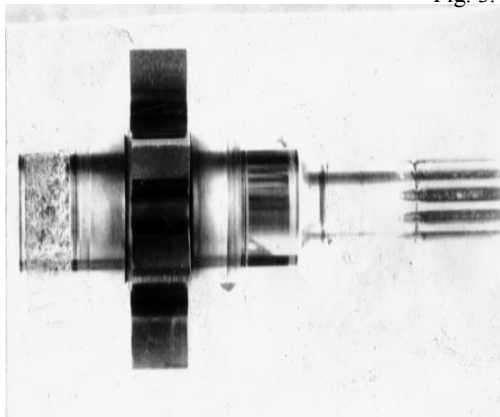
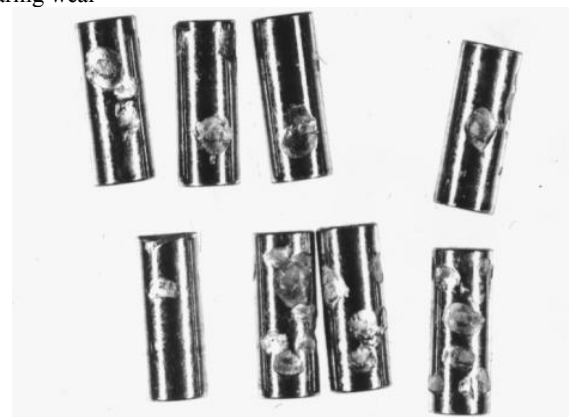


Fig. 3. Gear pump thrust bearing wear

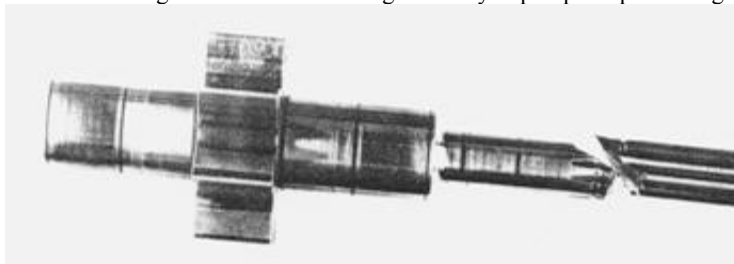


a



b

Fig. 4. Wear in the bearing assembly of pump: a - pin drive gear, b - roller bearing assembly.



a



b

Fig. 5. The cut pinion shaft pump: a - the groove slots, b - on the fillet.

Considering that the pinions position of the pump is governing in its design, in the paper inaccuracy of their positions in probability vector concept was estimated, which for units considered, reaches on the angle of an assembly distortion of gear teeth ends relative to a friction surface with the end thrust bearing makes δ_i from 0 to $4,7 \cdot 10^{-4}$ radians (fig. 6) .

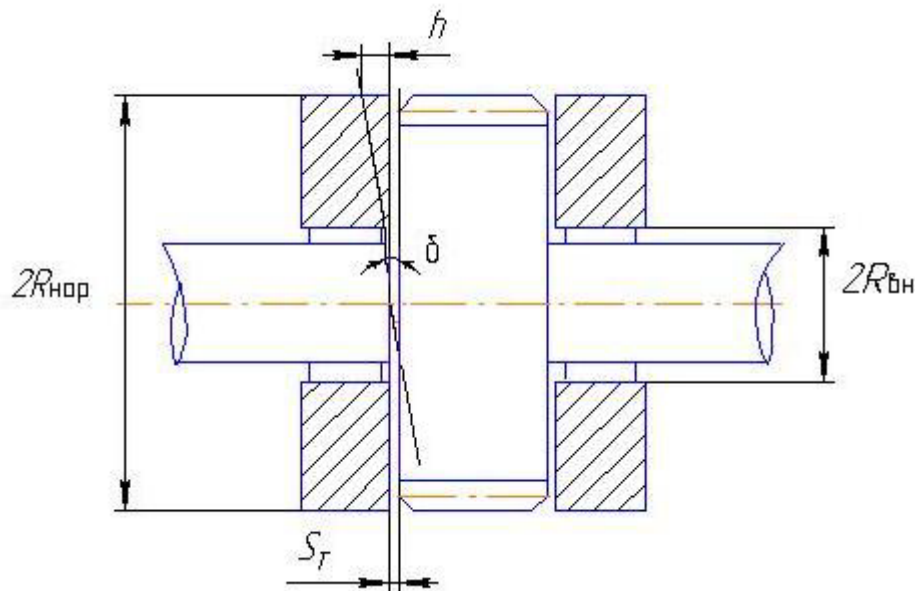


Fig. 6. Design model of the friction pair.

The presence of end thrust bearings which are mechanical seals of the gear pump, are structurally strictly oriented on gear teeth ends and prevent from a gear turn on the assembly distortion angle, δ , and, as a result, additional axial efforts exerting on the surface of thrust bearings arise.

The value of the additional axial effort to end thrust bearings depends on the value of a received "rapprochement" of gear teeth end surfaces and end thrust bearings: $h = r \cdot \delta - s_T$ (fig. 6), where h – a maximum value of the penetration of gear teeth ends into the end thrust bearing; δ – a gear distortion regarding to the thrust bearing, due to assembly errors; r – a maximum distance from a gear axis to the line of action of the axial effort arisen; s_T – a value of the end gap between gear teeth ends and the end surface of the end thrust bearing.

s_T end gaps between gear teeth and the end thrust bearing aren't constants, but are periodically replaced due to gear ends outrun, nonparallelism and roughness of adjoining gear surfaces and the end thrust bearing, elastic distortion of sliding surfaces in contact zones, etc. That is why the value of s_T end gap is above the minimal acceptable value $s_T = 3$ microns, as a rule, and varies due to the gear angle of rotation within 5-15 microns.

Let's analyse the gear curving effect onto the loaded condition in "gear teeth ends – end thrust bearing" friction pair with the help of frictional fatigue theory approaches. The techniques used for this purpose, were presented in publications [7, 8] for example.

Necessary basic data according to dimension tolerance of the details' sizes, constructive, technical, materials research characteristics of gear teeth wear surfaces and the end thrust bearing of units, materials and their processing technology are taken from design and technological documentation on units, as well as from literary sources. The allowances in calculations were accepted according to the recommendations, given in the specified literary sources, namely:

1. "Gear teeth ends – end thrust bearing" friction pair wear happens in a stationary (steady) mode under conditions of boundary lubrication, i.e. the thickness of lubricant film doesn't influence the value of normal tension in wear surface zones of the actual contact and the value of their approach.

2. The temperature effect is ignored, i.e. there is a uniform temperature field on the contact surface.

3. Calculating the contour area of a friction pair contact the undulation of their surfaces was ignored, due to precise processing of the gear teeth ends surfaces and the end thrust bearing (grinding-in, abrasion) and their comparatively small sizes ($D_{\text{nap}} = 2R_{\text{nap}} \leq 40\text{mm}$, fig. 5).

4. Wearing body (end thrust bearing) is smooth and deformable; abrading (implemented) body (gear teeth ends) is rough.

Microroughnesses of the implemented body are presented in the form of spherical segments of a constant radius and density, owing elastic properties, and have a rigid foundation. The tops of microroughnesses are spaced on the height in such a way that the initial part of a basic surface curve is described by the equation: $t_p = b \cdot \varepsilon^v$, where $\varepsilon = h / R_{\text{max}}$ the value of relative approach; b and v – parameters of the curve basic surface of the rough body, constant for the certain processing type.

5. The type of wear is fatigue. Calculating the wear, it is accepted that roughness parameters are related to the abrading (implemented) body (gear teeth ends), and materials research parameters - to the wearing body (end thrust bearing)

6. The work of friction pair proceeds in the conditions of the external friction.

As a result the assessment of normal loadings of the "gear teeth ends – end thrust bearing" friction pair was made. The received results were used for the assessment of the friction pair fatigue wear. L_{fh} endurance assessment of the friction pair is given in fig. 7. 1–6 curves show the friction pair endurance depending on the angle of the assembly distortion of gears δ for the recommended value of the end gap between s_T wearing surfaces (1-9 microns, consequently). The symbol \blacksquare – is the minimum possible angle of distortion δ_{min} , realized during pump assembly. The symbol \blacklozenge – is the most probable value of the distortion angle $\delta_{p=0,9973}$, realized during pump assembly with probability of $P = 99,73\%$. The symbol \blacktriangle – is the maximum possible angle of a distortion δ_{max} , realized during pump assembly.

The calculations showed that at bearable assembly values of the angles of distortion ($\delta \leq 0,00047\text{rad}$) the increased wear of the end thrust bearing can be observed, and the endurance of "gear teeth ends – end thrust bearing" friction pair can be less than the pump resource is intended, which is observed in practice.

According to well-known techniques, given in [7], the assessment of the moment of friction M_{TP} acting between gear teeth end surfaces and end thrust bearing was made. The calculations showed that the moments of friction operating in couple can reach inadmissibly high values $M_{TP} > 50H \cdot m$ (fig. 8), and they considerably exceed the value of the maximum twist, transferred by the pinion gear shaft of the pump ($M_{kp} = 19,8H \cdot m$) even in the admissible range of assembly errors of the pump for distortion angles δ of gear teeth ends regarding to the end thrust bearing.

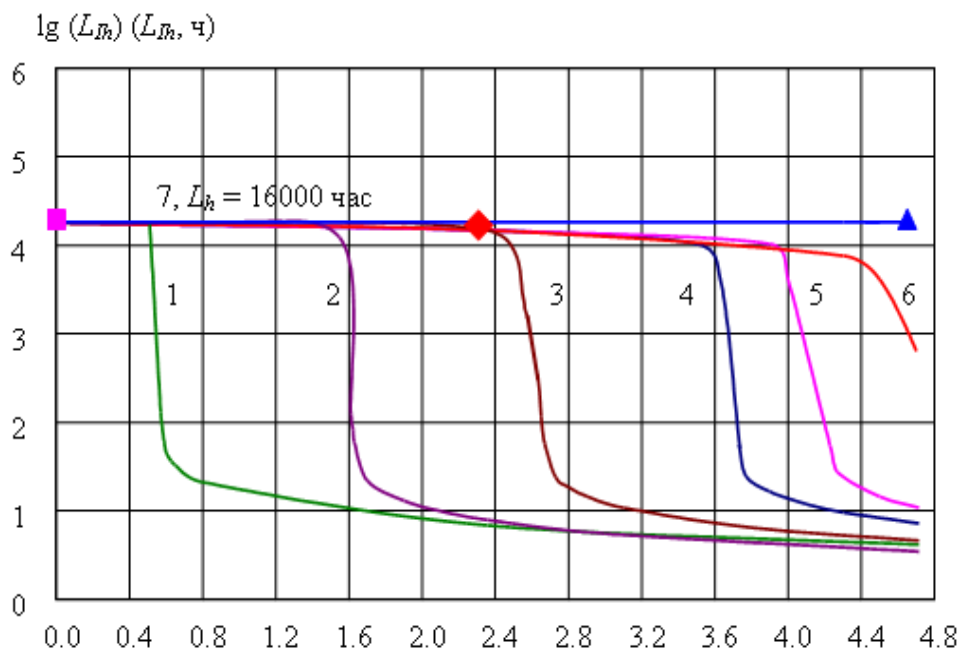


Fig. 7. The estimated life of the friction pair "the ends of gear teeth - axial bearing"

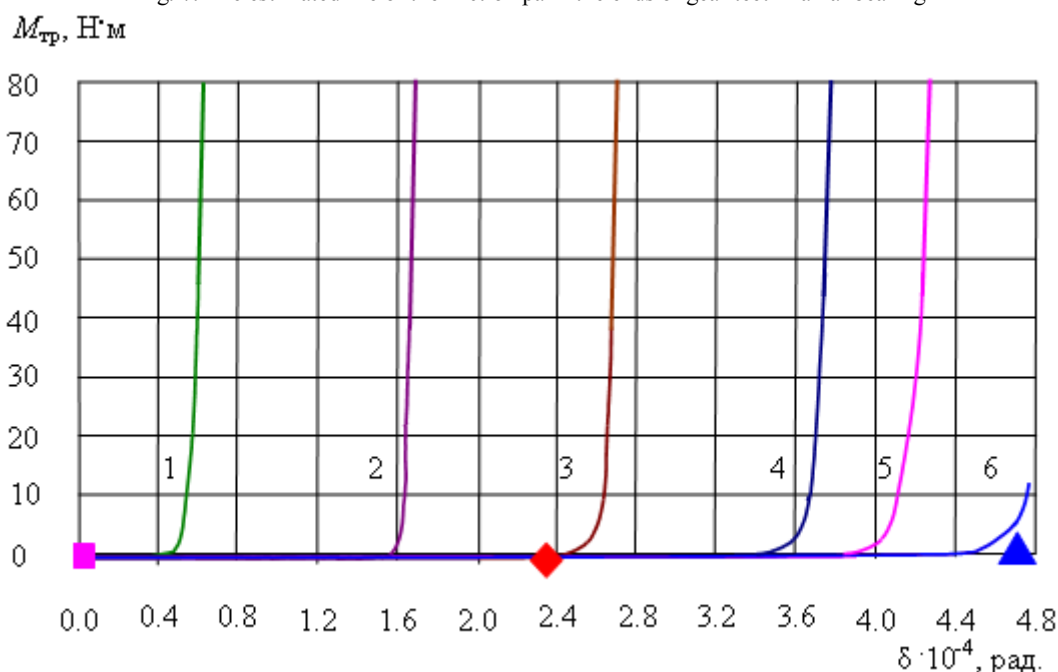


Fig. 8. Calculated friction torque in a pair of "butts of gear teeth-axial bearing"

As a result pump gears become periodically jammed and as the pump motor is driven by a large supply of power from the aviation engine transmission gear box, a fatigue loss of durability of the pinion gear shaft occurs.

The received results well explain the reason of the considered types of failures of the fuel-delivery system gear pumps of engines aviation.

Thus, on the basis of the analysis of the actual loaded condition of details and gear pumps joints, the reasons of standard causes of failure were identified, allowing make a general forecast of its operational life. The quantitative assessment of the actual loaded state of the components allowed explain the reason of life dispersion of the gear pumps of fuel-delivery system of units engines up to 8-10 times.

Литература

1. Aistov I.P. Control and diagnostics system of a technical condition of gear pumps of fuel-delivery system of aviation engines / I.P. Aistov, L.O. Shtripling // Automation and advanced technologies: Materials of the fifth intersectoral scientific and technical conference (September 26-28, 2007), Vol. 1. – Novouralsk: NSTU publisher, 2007. – P. 9-12.
2. Bashurov B. P. Mathematical model selection of preplanning of no-failure operation of volumetric pumps on the correlation analysis basis / B. P. Bashurov. // News of higher education institutions. Mechanical engineering. – 1990. – No. 7. – P. 56-59.
3. Braun E.D. Process simulation of abrasion wear of gear pumps precision pairs / E.D. Braun, V.N. Labushina. // Mechanical engineering and automatic equipment problems. – 1991. – No. 5. – P. 73-79.
4. Korablev A.N. Development mechanism and reasons of some failures of gear pumps / A.N. Korablev, K.A. Krylov // Issues of reliability increase and endurance of details and joints of the aircraft equipment. – Iss. 1. – M: Mechanical engineering, 1969. – P. 127-132.
5. Aistov I.P. Quality maintenance of gear pumps assemblage / I.P. Aistov // Assemblage in mechanical engineering, tool engineering. – 2006. – No. 1. – P. 42-47.
6. Aistov I.P. Quality improvement of gear pumps assemblage due to kinematic control implementation / I.P. Aistov // Assemblage in mechanical engineering, tool engineering. – 2006. – No. 8. – P. 30-32.
7. Kragelsky I.V. Machines friction units: Reference guide / I.V. Kragelsky, N. M. Mikhin. – M: mechanical engineering, 1984. – 280 p.

Сибиряков М.А.¹, Сухих А.В.²

^{1,2}Аспирант, Поволжский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАКОПИТЕЛЕЙ HDD И SSD

Аннотация

В статье рассмотрены особенности накопителей SSD и HDD, проведен сравнительный анализ их основных характеристик.

Ключевые слова: твердотельные накопители SSD; накопители HDD; флеш-накопители.

Sibiryakov M.A.¹, Sykhikh A.V.²

^{1,2}Postgraduate student, Volga State University of Technology

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF HDD AND SSD STORES

Abstract

The article describes the features of SSD and HDD, their basic characteristics are analyzed and compared.

Keywords: solid state drive (SSD); hard disk drive (HDD); flash drives.

Введение

В современных кластерных системах и системах хранения данных (СХД) используются два основных типа носителей информации: накопители на жестких магнитных дисках (HDD или жесткие диски) и твердотельные накопители (SSD). Каждый из этих двух типов накопителей имеет свои достоинства и недостатки. В зависимости от сочетания тех или иных характеристик и требований к производительности более выгодным будет тот или иной тип накопителя.

В данной публикации производится сравнительный анализ основных характеристик накопителей HDD и SSD, и выявляются их основные преимущества и недостатки.

Накопители HDD

Накопитель на жестких магнитных дисках представляет собой запоминающее устройство произвольного доступа, основанное на принципах магнитной записи. И в настоящее время является основным накопителем данных в вычислительных системах [1, 6]. На рисунке 1 представлена структурная схема накопителя HDD.

Жесткий диск состоит из *гермозоны* и блока электроники.

Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно диски (пластины) с магнитным покрытием, в некоторых моделях разделенные сепараторами, а также блок головок с устройством позиционирования, и электропривод шпинделя.

Блок электроники обычно содержит: управляющий блок, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), буферную память, интерфейсный блок и блок цифровой обработки сигнала.

Накопители SSD

Накопитель SSD является немеханическим запоминающим устройством на основе микросхем памяти [1, 4].

Существует два основных типа накопителей SSD:

- 1) Накопители NAND SSD, основанные на использовании флеш-памяти.
- 2) Накопители RAM SSD, в основе которых лежит оперативная память с произвольным доступом RAM.



Рис. 1. Структурная схема накопителя HDD

Поскольку второй тип памяти крайне дорогостоящий и ограничен максимальной емкостью 4 Гбайт (что не позволяет использовать ее в системах, где хранятся большие объемы данных) рассматриваться он не будет.

Фактически, накопитель NAND SSD представляет собой несколько флеш-накопителей, объединенных контроллером. На рисунке 2 представлена структурная схема накопителя SSD.

Сравнение основных характеристик SSD и HDD

Чтобы оценить возможности обоих типов накопителей, сравним основные характеристики рассмотренных накопителей, представленные в табл. 1 [3, 5, 6, 7].

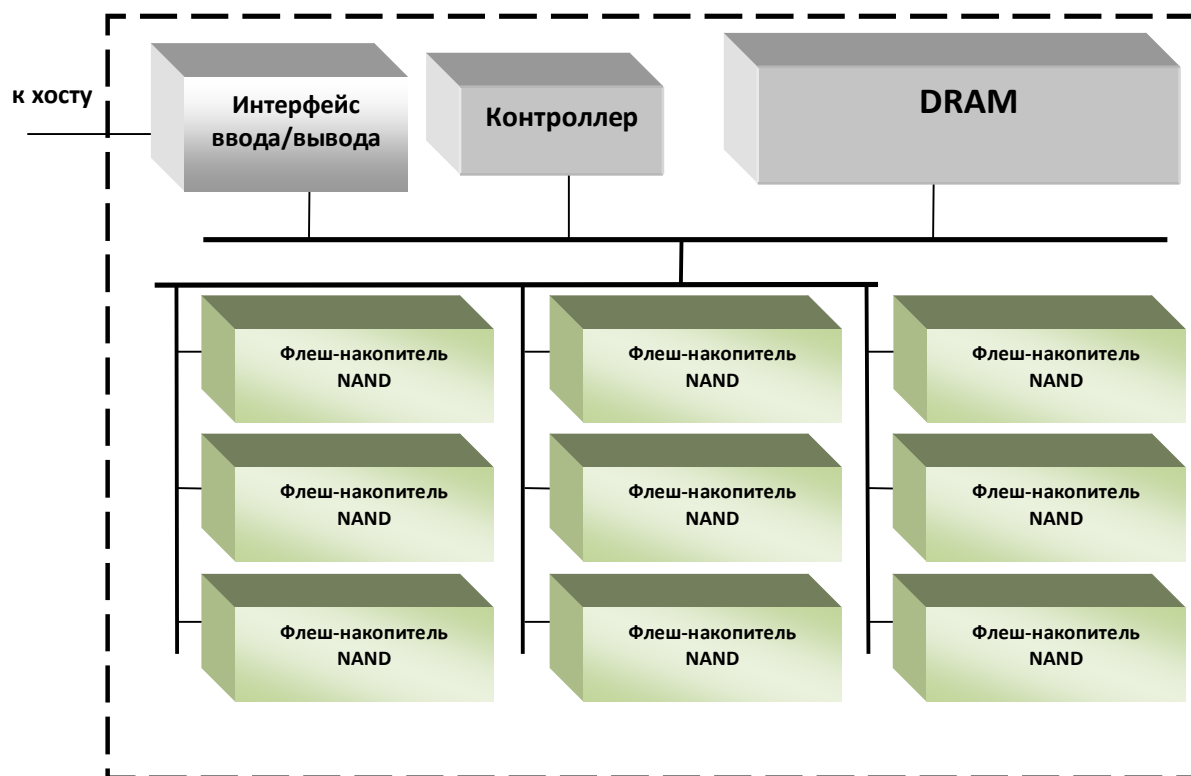


Рис. 2. Структурная схема накопителя SSD

Таблица 1 Сравнение основных характеристик двух типов накопителей

Характеристики	Накопитель SSD	Накопитель HDD
Максимальная емкость	768 Гбайт	4 Тбайт
Количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS)	От 8 600 до 1 400 000 IOPS	От 75 до 210 IOPS
Объем буфера	До 512 Мбайт	До 128 Мб
Размер страницы	4 Кбайт	4 Кбайт
Скорость чтения	До 550 Мб/с	До 150 Мб/с
Скорость записи	До 525 Мб/с	До 150 Мб/с
Время произвольного доступа	Менее 1мс	От 2,5 до 16 мс
Количество операций чтения	Не ограничено	Не ограничено
Количество операций записи	От 10000 до 100000 циклов	Не ограничено
Наличие механических частей	Нет	Да
Возможность восстановления данных	Нет	Да
Бесшумная работа	Да	Нет
Энергопотребление	Низкое	Высокое
Основной недостаток	Ограниченное число циклов перезаписи	При разрушении магнитного слоя все данные безвозвратно теряются
Основное достоинство	Более высокая производительность в сравнении с накопителями HDD	Низкая стоимость

Сравнивая представленные выше характеристики, можно сделать следующие выводы:

- Накопители SSD значительно превосходят по производительности жесткие диски. Параметр IOPS дисков SSD может быть выше в несколько тысяч раз, чем у HDD, что обусловлено механическими особенностями последних из них. И как следствие, SSD имеют превосходство по скорости чтения и записи данных.

- Время отклика накопителей SSD до 16 раз быстрее, чем у жестких дисков. Это существенное преимущество, позволяющее значительно повысить производительность систем, использующих в качестве устройств хранения твердотельные накопители.

- В отличие от жестких дисков, SSD не имеют механических частей, и как следствие, работают бесшумно и обладают более высокой надежностью.

- Накопители SSD обладают очень низким энергопотреблением (примерно на 38% меньше, чем у HDD) [2].

Обобщив все вышеописанное, можно сделать вывод, что технология SSD является перспективной. Накопители (SSD) являются новейшим высокопроизводительным продуктом, разработанным для использования в критически важных приложениях. Технология флэш-хранения идеально подходит для поддержки приложений, требующих обработки больших массивов данных в очень короткие сроки, например, для систем обмена валют или электронной торговли, обработки котировок в режиме реального времени, транзакций мейнфреймов и многих других.

Накопители SSD в качестве основного устройства хранения в производительных системах (кластерах и СХД) полностью заменят жесткие диски, когда будут устранены их два главных недостатка – ограниченное количество циклов перезаписи и их высокая стоимость. Жесткие диски станут дешевыми альтернативными устройствами хранения для систем, в которых быстрая обработка данных не является критичной.

Литература

1. Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК, 19 изд.: Пер. с англ. – М.: ООО “И. Д. Вильямс”, 2011. – 1072 с.
2. Information Storage and Managment / G.Somasundaram, Alok Shrivastava: Wiley Publishing, Inc., 2010. 544 p.
3. Основные отличия SSD накопителей от HDD дисков [Электронный ресурс] URL: http://my-ssd.ru/st/SSD_and_HDD
4. SSD диски, принцип работы дисков [Электронный ресурс] URL: <http://usb-disk.ru/page22.php>
5. SSD – замена жесткому диску [Электронный ресурс] URL: <http://windxp.com.ru/articles25.htm>
6. HDD и SSD – единство различий [Электронный ресурс] URL: http://www.overclockers.ru/lab/41187/HDD_i_SSD_edinstvo_razlichij.html
7. Первый в мире накопитель SSD емкостью 480 Гб [Электронный ресурс] URL: <http://newsper.net/ru/article/region/3/theme/11?date=2012-12-09&id=1714184>

Сибиряков М.А.¹, Сухих А.В.²

^{1,2}Аспирант, Поволжский государственный технологический университет

СПОСОБ ТРАНСЛЯЦИИ АДРЕСОВ В ПОДСИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ FLASH НАКОПИТЕЛЕЙ

Аннотация

Рассмотрены особенности адресации при работе с данными на HDD и SSD, показаны различия во внутренних структурах этих типов носителей. Приведен механизм трансляции адресов FTL, используемый при записи (чтении) на FLASH накопители типа NAND.

Ключевые слова: уровень преобразования адресов; твердотельные накопители; трансляция адресов.

Sibiryakov M.A.1, Sykhikh A.V.2

^{1,2}Postgraduate student, Volga State University of Technology

METHOD OF ADDRESS TRANSLATION ON STORAGE SUBSYSTEMS BASED ON FLASH DRIVE

Abstract

The paper under discussion shows features of addressing data on the HDD and SSD, shows the differences in the internal structures of these types of media. Address translation mechanism - FTL, used when writing (reading) to FLASH storage type NAND, are discussed in detail.

Key words: flash translation layer; flash drive; address translation.

Твердотельные накопители на основе Flash-памяти становятся все более популярным решением при проектировании высокопроизводительных систем хранения. На тех участках, где требуется максимальная производительность дисковой подсистемы с минимальными задержками, применение твердотельных накопителей является порой единственным возможным вариантом, опережая по производительности самые быстрые RAID-массивы на жестких дисках корпоративного уровня. Процесс чтения/записи данных на SSD происходит несколько иначе, чем на HDD носитель, это обуславливается различием во внутренней архитектуре. Основное отличие лежит в использовании промежуточного уровня трансляции адресов - FTL. **Flash Translation Layer** (FTL) – уровень преобразования адресов для использования флеш-памяти.

Что такое FTL и почему он необходим?

Для работы с SSD требуется отображение адресов между LBA (**Logical Block Addressing** — механизм адресации и доступа к блоку данных на жестком диске, при котором системному контроллеру нет необходимости учитывать геометрию самого жесткого диска (количество цилиндров, сторон, секторов на цилиндре); контроллеры современных жестких дисков в качестве основного режима трансляции адреса используют LBA) и физическим местонахождением данных [2]. Для того, чтобы произвести запись на определенную область физического носителя информации, данные с этой области должны быть предварительно удалены на уровне блоков. При использовании одного адреса LBA FTL преобразует его и происходит физическая запись информации в различные зоны флеш-накопителя. Далее рассматривается флеш-память типа NAND, которая используется в большинстве SSD накопителей [1].

Как работает FTL?

Контроллер жестких дисков компьютера или системы хранения предполагает получить доступ к HDD (устройству LBA). HDD состоит из секторов (обычно размером 512 Байт или 4 Кбайт). SSD в свою очередь состоит из банков, блоков и страниц. FTL производит трансляцию секторного доступа (как в HDD) в блочный доступ (к SSD). Метаданные используются для отображения логических адресов в физические.

Конфигурация HDD и SSD

HDD состоит из секторов: 1 сектор – 512 байт, либо 4 Кбайт с эмуляцией в 512 байт.

SSD состоит из:

- 1 страница = 8 Кбайт + 512 байт
- 1 блок = (8 Кбайт + 512 байт) * 128 страниц = 1 Мбайт + 64 Кбайт
- 1 слой = (1 Мбайт + 64 Кбайт) * 4096 блоков = 4 Гбайт + 256 Мбайт
- 1 матрица = (4 Гбайт + 256 Мбайт) * 2 слоя = 8 Гбайт + 512 Мбайт
- 1 банк = (8 Гбайт + 512 Мбайт) * 2 матрицы = 16 Гбайт + 1 Гбайт
- 1 устройство = (16 Гбайт + 1 Гбайт) * 64 банка = 1 Тбайт + 64 Гбайт

Страница (рис. 1) – самая маленькая адресуемая единица для операций чтения и программирования. Резервные данные (Spared data) используются для хранения ECC (error-correcting code – кода коррекции ошибок) и для маркировки неисправностей страницы.

Размер, отводимый под резервные данные, может быть разным и зависит от конкретного устройства [1].

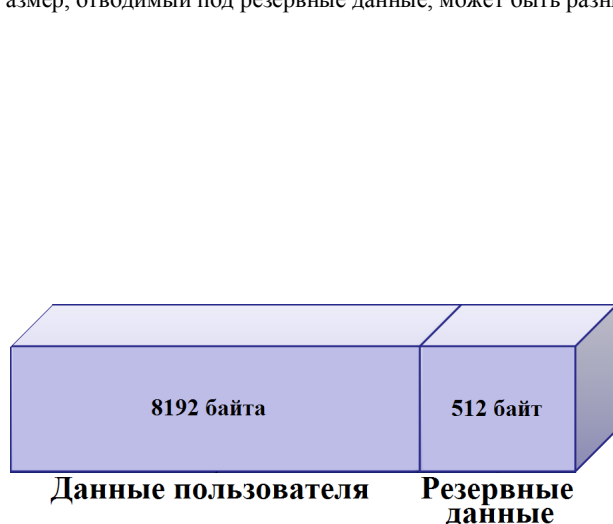


Рис. 1. Формат страницы

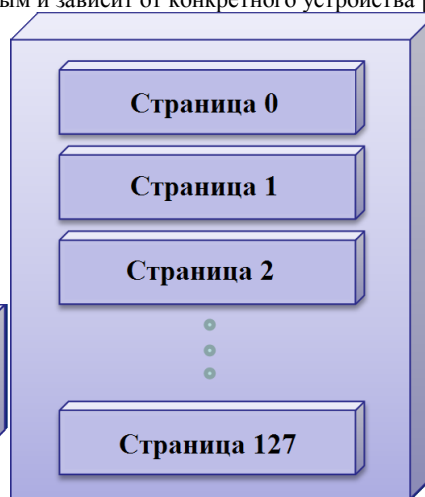


Рис. 2. Формат блока

Блок (рис. 2) – самая маленькая единица, доступная для стирания информации. В каждом блоке обычно находится 128 или 256 страниц. Страницы, находящиеся в составе одного блока, должны быть записаны последовательно, но чтение может производиться в произвольном порядке.

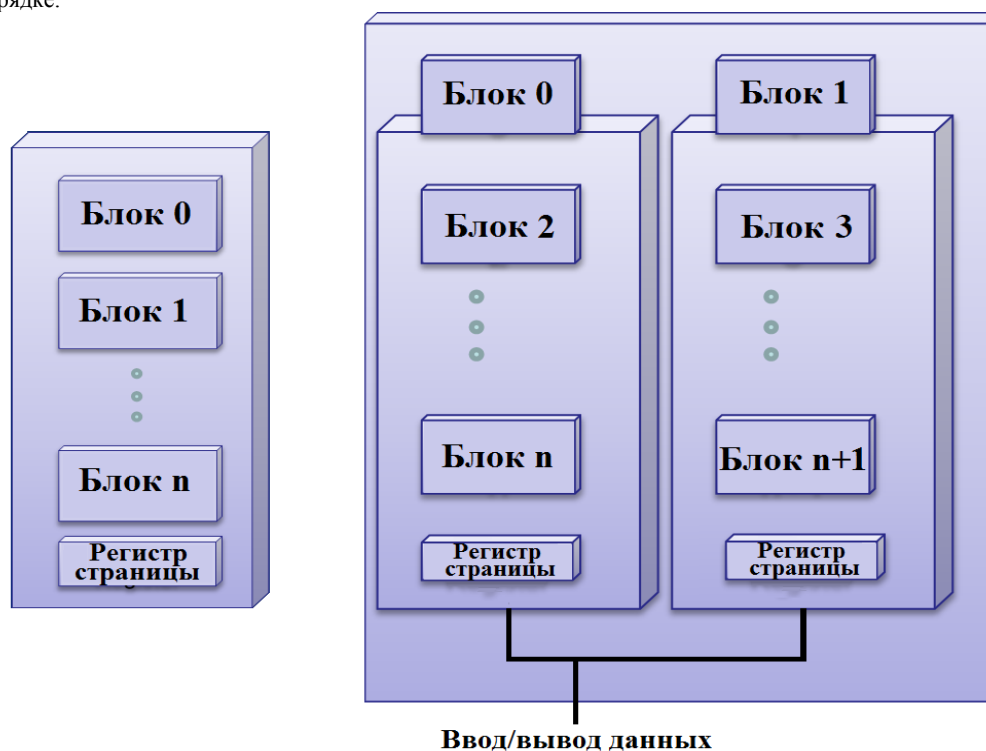


Рис. 3. Формат слоя (слева), формат матрицы (справа)

Матрица (рис. 3) может содержать до четырех слоев. Каждый слой имеет свой регистр страниц и регистр кэша для переключения между входными и выходными потоками данных. Регистры также содержат данные об операциях с массивами (чтение/программирование).

Возвращаясь к технологии FTL: каждая файловая система, получающая доступ к устройству памяти, должна записать не менее 4Кбайт информации. NAND FLASH может записывать не меньше одной страницы за одну операцию записи, либо несколько страниц за раз. Поскольку запись производится в страницу, а не в сектор HDD диска, требуется создать адресную карту «виртуальных секторов», к которой обращается хост (таким образом происходит эмуляция адресов HDD диска). Также требуется фактическая адресная карта NAND контроллера, по которой физически записываются данные.

Процесс преобразования адресов

Процесс преобразования адресов показан на рис. 4.
 1 – от хоста приходит команда на запись

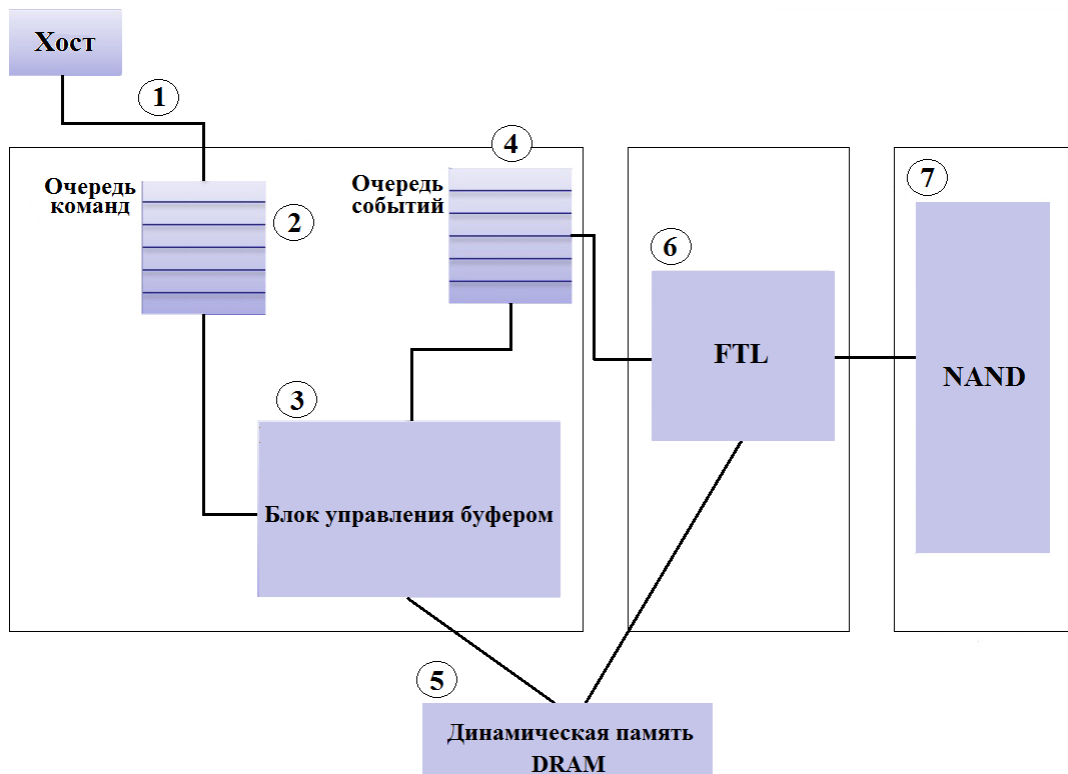


Рис. 4. Процесс записи данных в NAND FLASH

- 2 – команда помещается в очередь команд
- 3 – блок управления буфером обрабатывает команду
- 4 – команда помещается в очередь событий для дальнейшего выполнения
- 5 – адрес команды (LBA) отображается на физический адрес NAND и временно хранится в DRAM
- 6 – преобразование адресов в FTL (рис. 5):
- 7 – теперь данные могут быть записаны в NAND

Механизм FTL предоставляет хост-системе эмуляцию работы с LBA, хотя фактически запись ведется не на HDD, а на SSD носитель.

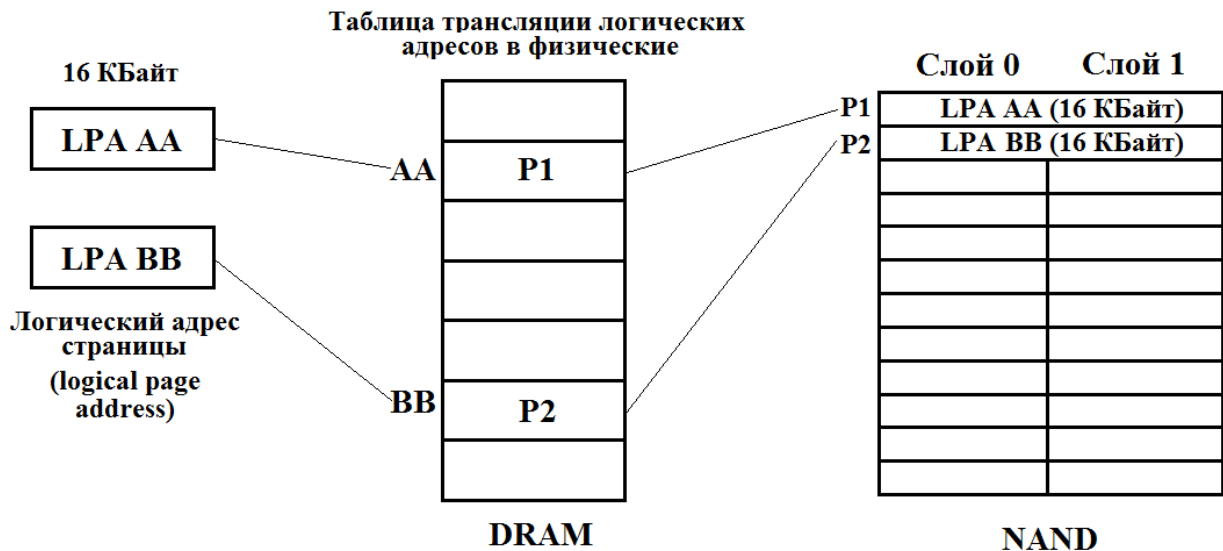


Рис. 5. Процесс преобразования адресов в FTL

Литература

1. Sykes R., "Critical Role of Firmware and Flash Translation Layers in Solid State Drive Design" / Sykes R. - Flash Memory Summit 2012, Santa Clara, CA.
2. От хранения данных к управлению информацией. [Пер. с англ.] / под редакцией G.Somasundaram, Alok Shrivastava – СПб.: Питер, 2010. – 544 с.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР СМЕСЕЙ ДЛЯ ПАНИРОВКИ МЯСНЫХ И РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос разработки рецептур смесей для панировки полуфабрикатов с применением биологически активных растительных компонентов. Данные панировочные смеси обладают повышенной пищевой и биологической ценностью, антибактериальным и антиоксидантным действием, хорошо усваиваются человеческим организмом.

Ключевые слова: панировочные смеси, биологически активные вещества.

Rodionova N.S.¹, Alekseeva T.V.², Sokolova O.A.³, Kalagina U.O.⁴, Zyablov M.M.⁵

¹Professor, Doctor of Engineering; ²associate professor, Candidate of Technical Sciences; ³graduate student; ⁴student; ⁵student, Voronezh state university of engineering technologies

DEVELOPMENT OF COMPOUNDINGS OF MIXES FOR THE BREADING OF MEAT AND FISH SEMI-FINISHED PRODUCTS

Abstract

In article the question of development of compoundings of mixes for a breading of semi-finished products with application of biologically active vegetable components is considered. These panirovochny mixes possess the increased nutrition and biological value, antibacterial and antioxidant action, are well acquired by a human body.

Keywords: panirovochny mixes, biologically active agents.

В настоящее время в России вопросу поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия человека уделяется значительное внимание. Нерациональное и несбалансированное питание населения, малоподвижный образ жизни, загрязнение окружающей среды вредными веществами, повышенный шумовой и радиационный фон приводят к так называемым «болезням цивилизации». К ним относят нарушения в работе нервной, иммунной, кроветворной, пищеварительной систем, заболевания щитовидной железы и еще целый ряд недугов, вызывающих нарушение обмена веществ, поэтому питание является одним из важнейших факторов в профилактике и лечении обширного перечня заболеваний [1].

В данном аспекте актуальной задачей является разработка рецептур и технологий комбинированных пищевых растительных систем, характеризующихся высокими показателями пищевой и биологической ценности. Одним из наиболее перспективных источников биологически активных веществ растительного происхождения можно считать муку зародышей пшеницы [2]. Целью исследований являлось: разработка рецептур смесей для панировки мясных и рыбных полуфабрикатов с применением муки зародышей пшеницы.

Мука зародышей пшеницы «Витазар» имеет следующий состав (таб. 1).

Таблица 1 – Химический состав муки зародышей пшеницы «Витазар»

Наименование показателя	Содержание, %
Массовая доля влаги	3,4
Массовая доля сырого жира	8,0
Массовая доля золы	4,3
Массовая доля углеводов	47,0
Массовая доля сырого протеина	33,8
Массовая доля сырой клетчатки	1,92

Мука «Витазар», полученная после извлечения методом холодного прессования из зародышей пшеницы масла, сохраняет практически полностью биологически активные вещества исходных зародышей. При этом усвояемость этих веществ в организме намного выше, чем исходного зародыша, так как, в результате деформации сдвига при высоких давлениях, в зародыше пшеницы эти активные и биологически ценные продукты находятся в более доступной для организма форме. Мука «Витазар» содержит витамины E, D, B₁, B₂, B₆, PP, пантотеновую и фолиевую кислоты, каротиноиды; а также 21 макро- и микроэлемент и среди них такие важные, как фосфор, кальций, калий, магний, селен, цинк [4, 5]. Положительный опыт и высокие результаты были получены в результате клинических испытаний муки «Витазар» в Московском центральном НИИ гастроэнтерологии, Челябинском городском липидном центре, Новосибирском государственном медицинском университете, в Московском городском НИИ скорой помощи им. Склифосовского Н. В. [6].

Мука зародышей пшеницы характеризуется нейтральным запахом и вкусом, имеет кремовый цвет, что позволяет сохранить органолептические показатели готовых изделий.

Для приготовления панировочной смеси муку зародышей пшеницы «Витазар» измельчали и просеивали на сите с размером отверстий 1,5-2 мм, далее вносили посолочные ингредиенты и экстракты ароматических и пряных компонентов.

Экстракты ароматических и пряных компонентов способствуют повышению вкусо-ароматических свойств готовой продукции, при этом они обладают антибактериальным и антиоксидантным действием. При приготовлении экстрактов ароматических и пряных компонентов применялись наиболее распространенные в кулинарной практике соотношения и сочетания. Исходя из анализа рецептур, применяемых при приготовлении кулинарных изделий, концентрация сухих веществ в водных экстрактах ароматических и пряных компонентов составила 2-6 %. В таблице 2 представлены рецептуры смесей ароматических и пряных компонентов.

Таблица 2 – Рецептуры смесей ароматических и пряных компонентов

Наименование пряной травы	Массовая доля в смеси, % мас.			
	Смесь № 1	Смесь № 2	Смесь № 3	Смесь № 4
Xylopi aethiopica (мавританский перец)	10,0	20,0	5,0	-
Diánthus (гвоздика)	-	35,0	35,0	20,0
Rosmarinus (розмарин)	35,0	25,0	25,0	20,0
Myristica (мускатный орех)	35,0	20,0	-	30,0
Pimpinella anisum (анис)	10,0	-	30,0	15,0
Mondora (мондора)	10,0	-	5,0	15,0

Панировка полуфабрикатов осуществлялась одноступенчато или двуступенчато путем нанесения на поверхность полуфабриката сначала жидкого теста, а затем сухой панировки. Этап приготовления теста заключался в гидратации муки «Витазар» экстрактами смесей ароматических и пряных трав до достижения консистенции жидкого теста. В качестве сухой панировочной смеси применялась измельченная мука «Витазар» (таб. 3).

Таблица 3 – Рецептура панировочной смеси

Наименование компонента	Массовая доля, % мас.
Мука зародышей пшеницы «Витазар»	93-97
Экстракт ароматических и пряных компонентов	2-6
Соль поваренная пищевая	1

Тепловую обработку панированных изделий осуществляли различными способами: жаркой основным способом, жаркой во фритюре, запеканием в жарочном шкафу с предварительным обжариванием и без, запеканием в пароконвектомате. Опытные готовые изделия имели более высокий выход по сравнению с контрольными образцами, изготовленными по традиционным рецептурам и панированными одноэтапно сырой просеянной пшеничной мукой.

Разработанные рецептуры панировочных смесей отличаются повышенной пищевой и биологической ценностью, антибактериальным и антиоксидантным действием, имеют хорошие органолептические показатели, хорошо усваиваются человеческим организмом. Кроме того происходит увеличение выхода готовых изделий, сокращаются технологические потери при тепловой обработке при этом усиливается специальная и лечебно-профилактическая направленность готовой продукции.

Литература

1. Шпагина Л. А. Современные подходы к оптимизации лечебного питания // Тез. докл. Междунар. научн. конф. «Актуальные вопросы профессиональной патологии и общей клиники». – Новосибирск, 2007. – С. 6-8.
2. ТУ 9295-014-18062042-06. Мука зародышей пшеницы пищевого назначения «ВИТАЗАР». Дата введения 10.07.2006. – 5 с.
4. Вишняков А. Б., Власов В.Н. Зародыш здоровья. – М: Колос, 2001. – 72 с.
5. Алексеева Т. В., Крыстин М. И., Попова Н. Н. Использование зародышей пшеницы на предприятиях общественного питания // Пищевая промышленность. - 2010. - № 11. – С. 14-16.
6. Научно-практический семинар «Комплексная переработка зародышей зерна пшеницы и использование получаемых продуктов в медицине и перерабатывающей промышленности» [Электронный ресурс] URL: <http://www.igrfop@dol.ru> (дата обращения 16.07.2013).

Сулейманов Н.Т.¹, Сулейманов А.Н.²

¹Доктор технических наук, профессор Академии ВЭГУ, ²магистр Академии ВЭГУ, исполнительный директор «Института интеллектуальной собственности и сертификации»

ЦЕНТРЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ (TISC – ЦПТИ) ВОИС – ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ РЫНКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ РОССИИ

Аннотация

Данная статья посвящена актуальной проблеме активизации российских разработчиков по созданию и эффективному использованию результатов интеллектуальной деятельности и вопросам взаимодействия Всемирной организации интеллектуальной собственности с Федеральной службой по интеллектуальной собственности в условиях ВТО. Возможности практического применения – предоставления на бесплатной основе доступа к патентным и непатентным информационным ресурсам ВОИС и Роспатента.

Ключевые слова: Всемирная организация интеллектуальной собственности, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, интеллектуальная собственность, Всемирная торговая организация, Центр поддержки технологий и инноваций.

Suleymanov N.T.¹, Suleymanov A.N.²

¹Doctor of technical Sciences, Professor of the Academy of VEGU, ²Magister Academy ВЭГУ, Executive Director of the «Institute of intellectual property and certification»

CENTERS OF SUPPORT OF TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS (TISC - TISC) WIPO - INFORMATIONAL FRAMEWORK FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY MARKET OF RUSSIA

Abstract

This article is devoted to the topical problem of activization of the Russian software developers to create and efficient use of the results of intellectual activity and the issues of interaction of the world intellectual property organization with the Federal service on intellectual property in the WTO conditions. The possibility of practical application - the provision of free-of-charge access to the patent and nenamentnym information resources of WIPO and Rospatent.

Keywords: the world intellectual property organization, the Federal service for intellectual property, intellectual property, the world trade organization, Center for technology and innovation.

Для активизации российских разработчиков по созданию и эффективному использованию результатов интеллектуальной деятельности Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) и Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) подписали меморандум о взаимопонимании по созданию Центров поддержки технологий и инноваций (TISC – ЦПТИ) в Российской Федерации.

Целью меморандума является определить роль и обязанности Роспатента и ВОИС в отношении предоставления TISC-ЦПТИ услуг, а также их соответствующие вклады в предоставлении этих услуг.

Вклад ВОИС в создание сети TISC-ЦПТИ будет следующим:

А) Обучения, которые будут организовываться и представляться:

- на местном уровне;
- на региональном уровне;
- в ВОИС в Женеве, или
- на основе модулей электронного обучения и/или обучающих программ.

Б) Информационные материалы.

ВОИС по запросу TISC-ЦПТИ будет предоставлять любые информационные материалы по правам интеллектуальной собственности и патентной информации, имеющейся в распоряжении ВОИС.

Услуги TISC-ЦПТИ предоставляются бесплатно. Вклад Роспатента в создании сети TISC-ЦПТИ будет следующим:

А) первоначальные услуги базового уровня:

- доступ к технической информации;
- помощь в поиске технической информации.

Б) Дополнительные услуги:

- обучение по проведению поиска в базах данных, например PATENTSCOPE, местных пользователей, таких как малые и средние предприятия, университеты и т.д.;
- представление общей информации об оценке интеллектуальной собственности (ИС);
- представление общей информации по законодательству ИС.

В соответствии с Меморандумом ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности и ООО «Институт интеллектуальной собственности и сертификации» подписали соглашение о создании «Центра поддержки технологий и инноваций» в Республике Башкортостан при «Институте интеллектуальной собственности и сертификации» (г.Москва, 28 марта 2012 г.) В целях реализации Меморандума подписано Соглашение о сотрудничестве между Министерством экономического развития Республики Башкортостан о взаимодействии с «Центром поддержки технологий и инноваций» (ЦПТИ), созданное Роспатентом на базе «Института интеллектуальной собственности и сертификации», подобное Соглашение о сотрудничестве подписано с Башкортостанским отделением Российской инженерной академии.

Целью настоящего Соглашения являются:

1. Повышение эффективности распространения знаний по вопросам правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности и проведения патентных исследований посредством дистанционного обучения и обучающих программ в данной сфере.

2. Пропаганда и популяризация в обществе инновационной деятельности путем проведения совместных конференций, симпозиумов и семинаров.

3. Предоставление Башкортостанскому отделению Российской инженерной академии бесплатного доступа к патентным и непатентным информационным ресурсам ФИПС, а также другим бесплатным информационным ресурсам в области интеллектуальной собственности для повышения их стимулирования по созданию и эффективному использованию результатов интеллектуальной деятельности.

Обязанностью Института интеллектуальной собственности являются:

- Предоставляет на бесплатной основе доступ к патентным и непатентным информационным ресурсам ФИПС (определенные приложения к настоящему Соглашению), а также содействует предоставлению других бесплатных информационных ресурсов в области интеллектуальной собственности.

- Способствует проведению в Республике Башкортостан конференций, семинаров и других мероприятий по вопросам интеллектуальной собственности.

- Участвует в повышении квалификации в сфере правовой охраны и коммерциализации интеллектуальной собственности, а также в области патентной и непатентной информации работников Башкортостанского отделения Российской инженерной академии, а также на основе модулей дистанционного обучения и обучающих программ.

- При необходимости проводит дополнительные тренинги и/или консультации по возникшим вопросам относительно работы Центра.

Дополнительные услуги:

- обучение по проведению поиска в базах данных, например PATENTSCOPE, Espacenet;

- предоставление общей информации об оценке интеллектуальной собственности;

- предоставление общей информации по законодательству ИС.

Направлениями сотрудничества Башкортостанского отделения Российской инженерной академии являются:

- Разработка и реализация единой, научно обоснованной государственной политики РБ в области интеллектуальной собственности.

- Принятие комплекса мер по совершенствованию правовой защиты и стимулированию использования результатов интеллектуальной деятельности предприятий и организаций РБ.

- Взаимодействие с Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент) в рамках Соглашения о создании «Центра поддержки технологий и инноваций (ЦПТИ)».

Услуги предоставляются на базе модульного подхода в соответствии с потребностями Башкортостанского отделения Российской инженерной академии к которым относятся:

- Доступ к патентным и непатентным базам данных ФИПС, ВОИС;

- Оказание помощи в поиске технической информации при проведении патентных исследований;

- Обучение по проведению поиска в базах данных;

- Предоставление общей информации по законодательству в области интеллектуальной собственности;

- Информирование о возможности получения консультаций специалистов по интеллектуальной собственности;

- Базовые рекомендации по лицензированию.

Услуги ЦПТИ по обучающим мероприятиям ФИПС и ВОИС будут предоставляться бесплатно. Однако, патентно-информационные исследования по ГОСТ Р 15.011-96 с представлением отчетов и оформление права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации, составление и регистрация лицензионных договоров и договоров уступки на передачу объектов ИС, оформление права на результаты интеллектуальной деятельности и средств индивидуализации (авторское право, патентное право) будут осуществляться на договорной основе.

Поисковые системы.

1. Поисковая система PATENTSCOPE – это созданная ВОИС бесплатная поисковая служба, позволяющая получать доступ к миллионам патентных документов, а именно:

- Международным патентным заявкам по процедуре PCT;

- Региональным и национальным патентным фондам из 23 стран-участниц.

Самую актуальную информацию об охвате данных можно получить на сайте www.wipo.int/patentscope/search/ru/help/data/coverage.jsf

Поисковая система CLIR.

CLIR (межязыковая информационно-поисковая система) – это бесплатное расширение поисковой системы PATENTSCOPE, которое в значительной мере упрощает патентный поиск на различных языках. Простым введением слова или фразы на одном языке, можно получить соответствующую патентную документацию на следующих языках: английский; французский; испанский; немецкий; японский; португальский; русский; корейский; китайский; итальянский; шведский; голландский.

В будущем будут добавлены другие языки.

Поисковая система ESPACENET Европейского патентного ведомства.

Данная поисковая система позволяет произвести свободный доступ к более чем 50 миллионам патентных документов со всего мира, представляющим технические достижения с 1836 года по сегодняшний день.

Адрес поисковой системы www.espacenet.com со ссылкой «Access espacenet».

Поисковая система espacenet представляет на выбор адреса серверов: ЕПВ, европейской комиссии и национальных ведомств. Выбор сервера осуществляется из перечня на экране.

Поисковая система Роспатента.

1) Массив отечественной информации с использованием вебсайта ФИПС www.fips.ru и поисковых средств вебсайта. Доступ может быть представлен с возможностью поиска без ограничений по следующим объектам ИС:

- авторские свидетельства СССР, патенты на изобретения и заявки на выдачу патента на изобретение Российской Федерации;

- 2) Массив отечественной патентной информации по изобретениям и полезным моделям с 1994 г. по настоящее время с использованием ИПС МИМОЗА. Массив содержит библиографические данные и рефераты описаний изобретений к патентам с гиперссылками на полные описания изобретений к патентам на сайте ФИПС и титульные листы описаний полезных моделей. Массив может быть представлен путем передачи комплекта СД/ДВД дисков с последующей ежеквартальной актуализацией для дальнейшего использования в ЦПТИ.

1. Сулейманов Н.Т., Сулейманов А.Н. Охрана объектов интеллектуальной собственности в условиях ВТО. Интернет-журнал «Экономические исследования» (веб-адрес журнала: <http://www.ecse.ru/>), №4 (12), Декабрь 2012, Победители в Номинации 1 Научная статья по направлению: «Россия и ВТО: социально-экономические аспекты развития», г.Тверь, Центр экономических исследований.

Студент, кафедра внутризаводского электрооборудования и автоматики, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Армавирский механико-технологический институт

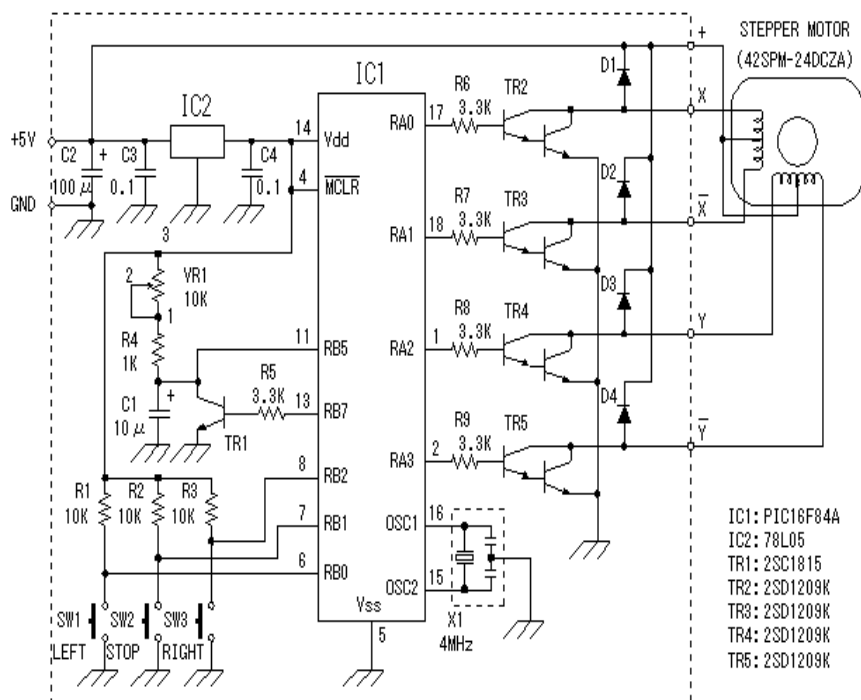
В статье рассмотрена – доработка схемы управления шаговым двигателем, разработано упрощение процессов управления, управление с дистанции, привлечение предпринимателей, обеспечение на этой основе экономического развития предприятия.

Student, Department of Electrical and intra-plant automation, VPO "Kuban State Technological University", Armavir Mechanics
Institute of Technology

In this article we review stepper motor control circuit, designed to simplify the management, control of the race, attracting entrepreneurs, thereby ensuring the economic development of the enterprise.

Целью данной работы является доработка схемы контроллера шагового двигателя. Схема и программа к PIC-контроллеру были разработаны и представлены на веб-сайте японского радиолюбителя Seiichi Inoue. http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/index.htm. Позже они распространились по сети интернет и в данный момент доступны на многих сайтах.

В России статья под названием «РС-КОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЯЕТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ» впервые появилась в 6 номере журнала «Радио» в 2002 году, где описание к ней уже было переведено на русский язык. Принципиальная схема устройства изображена на рис. 1.



Основной служит МК PIC16F84A. Тактовую частоту (4 МГц) задает кварцевый резонатор X1. На элементах R4, VR1, C1 и транзисторе TR1 собран генератор, частоту которого можно плавно изменять переменным резистором VR1. Напряжение с конденсатора C1 поступает на вход RB5 МК IC1. После того как оно превысит пороговое, на выходе RB7 появляется напряжение высокого уровня. Открывшийся транзистор TR1 разряжает конденсатор, после чего цикл повторяется.

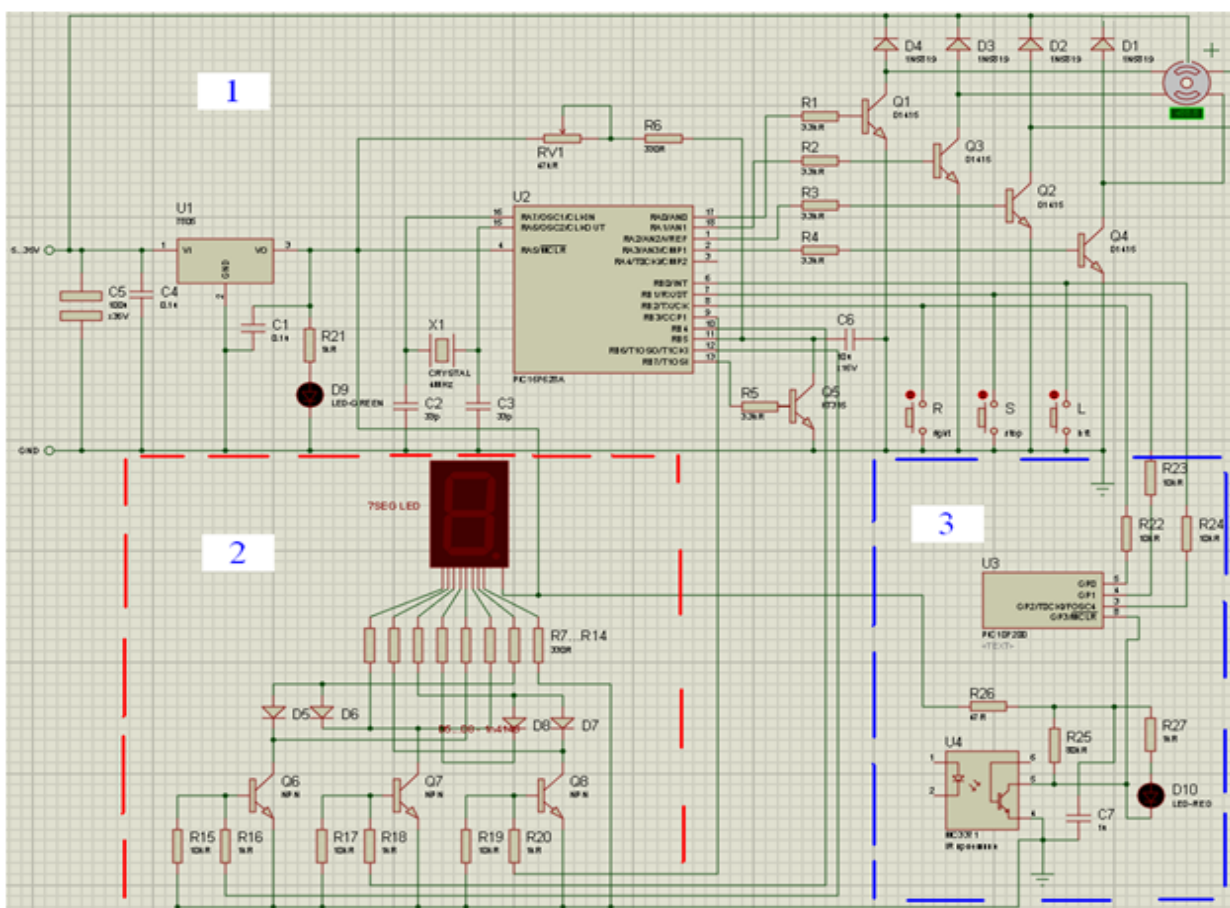


Рис.2 – Принципиальная электрическая схема основной части (переработанная) (смоделированная в программе Proteus 7.7)

В исходную электрическую схему были внесены изменения, улучшившие ее характеристики, а также были составлены три вспомогательные схемы. Одна из них предназначена для индикации режима работы, а две другие для изменения режима работы основной схемы дистанционно.

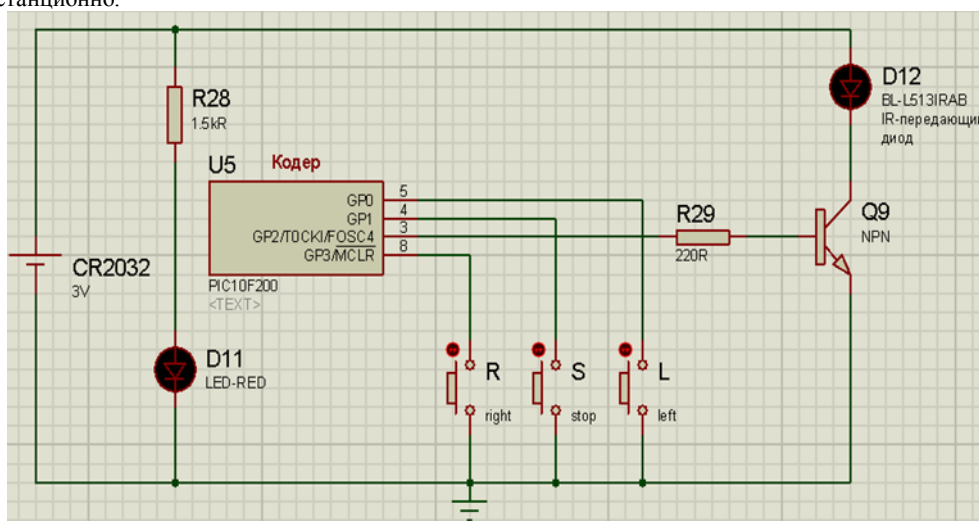


Рис. 3 – Схема передатчика (вспомогательная часть)

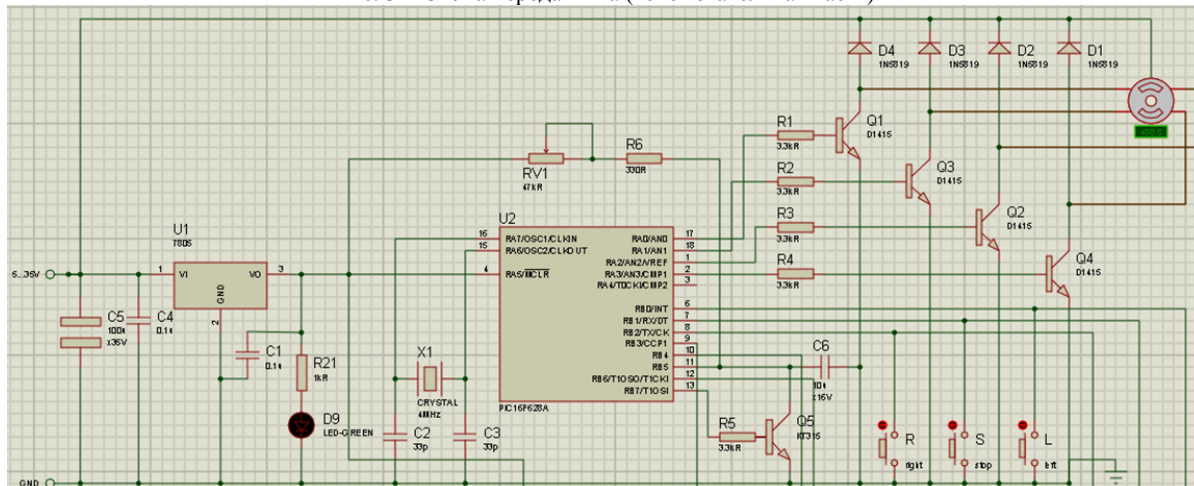


Рис. 4 – Измененная основная схема (смоделированная в программе Proteus 7.7)

Для этого сопротивления R1, R2 и R3 соединены не с «+» питания, а с выходами U3.

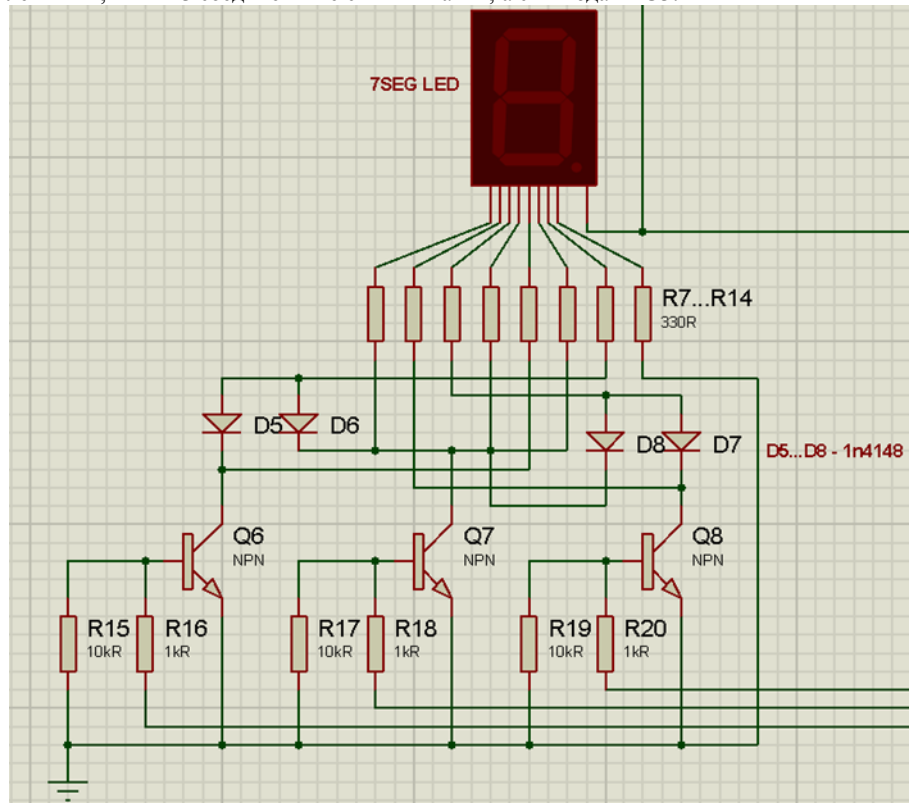


Рис. 5 – Схема индикации (смоделированная в программе Proteus 7.7)

Возможны следующие режимы:

- отсутствие вращения двигателя (режим “stop” – на индикаторе знак S);
- вращение двигателя влево (режим “left” – на индикаторе знак l);
- вращение двигателя вправо (режим “right” – на индикаторе знак r).

Принцип работы данной схемы следующий: главным элементом является семисегментный индикатор с общим анодом и «+» питания подается на общий анод сразу. Катоды сегментов через токоограничивающие сопротивления коммутируются тремя транзисторами Q6...Q8 (рисунок 2) в определенной последовательности, образуя нужные символы. Управляющие сигналы для открытия транзисторов подает микроконтроллер Pic16f628a посредством управляющей программы.

Диоды D5...D8 используются для коммутации сегментов, образующих более одного знака. Так для образования буквы S используется 5 сегментов индикатора, буквы r – два, буквы l – два сегмента.

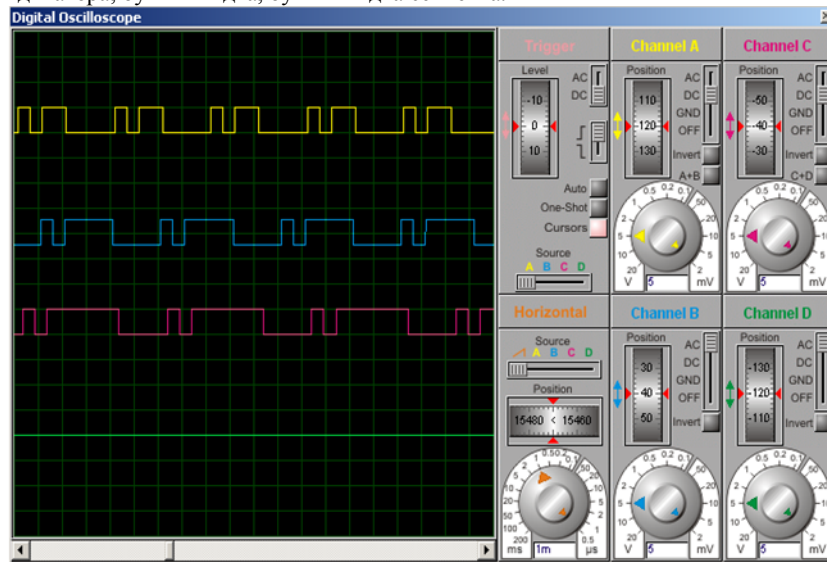


Рис.6 – Осциллограммы команд в программе Proteus 7.7

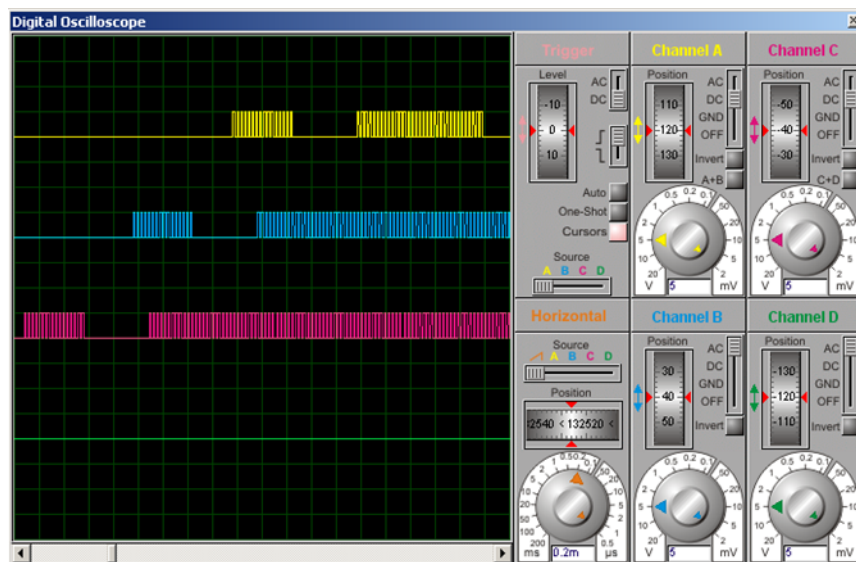
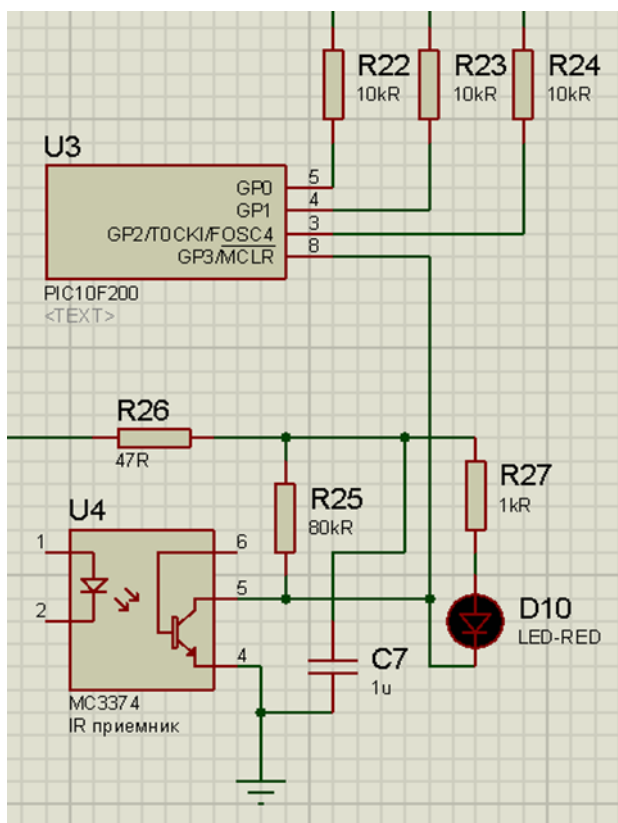


Рис.7 – Осциллограммы кодированных команд в программе Proteus 7.7

Схема на рисунке 3 предназначена для кодирования сигнала о нажатой кнопке и передачи его в виде излучения ИК светодиода. Кодирование происходит по времени. Каждая команда состоит из стартового бита длиной 0,5мс и бита команды (от 1мс до 3мс). На рисунке 6 изображены осциллограммы кодированных команд. Для того чтоб приемник их «увидел», они должны передаваться с частотой 33кГц (т.е. быть разбиты на прямоугольные импульсы соответствующей длины). В соответствии с этим, команды будут выглядеть так, как показано на рисунке 7.

Схема под номером 3 предназначена для приема и декодирования команд от передатчика (рисунок 3). Прием ведется на интегральную схему типа MC3374. Она работает с частотой 33кГц принимаемого ИК сигнала и содержит принимающий диод, фильтр и усилитель (на рисунке 8 U4 является не точным обозначением MC3374 и подразумевается, что R25 находится в ее корпусе).



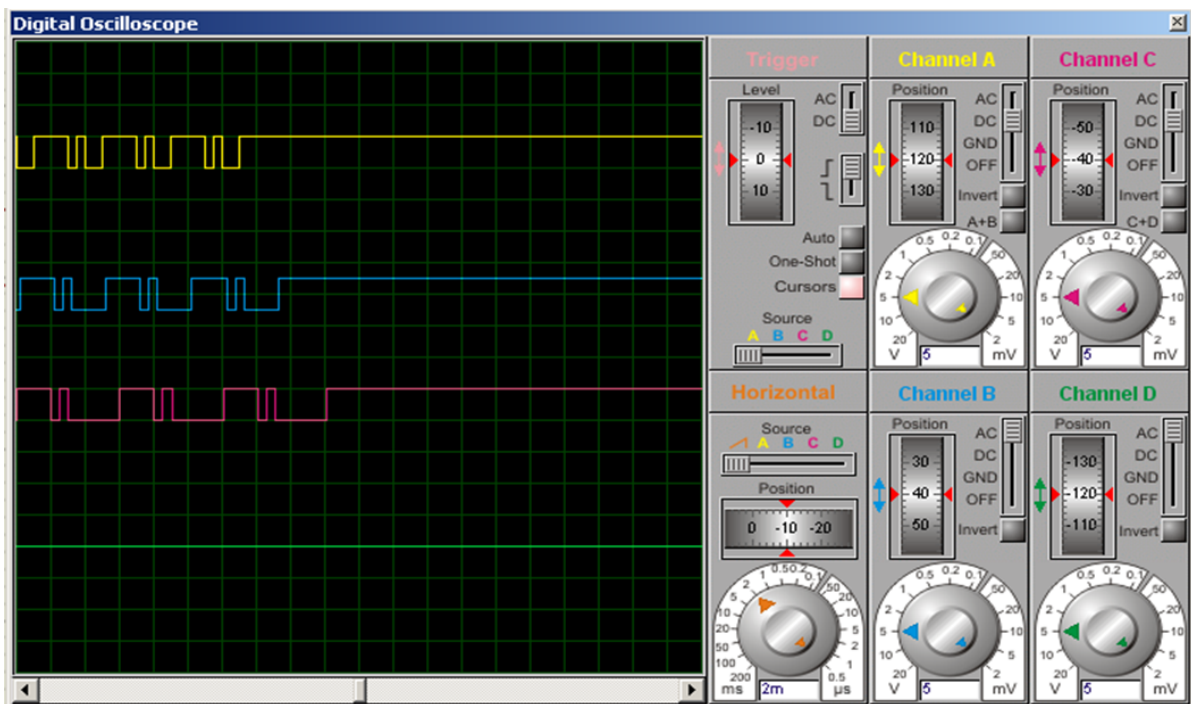


Рис. 9 - Осциллограммы команд на выходе MC3374

среда разработки для микроконтроллеров PIC microchip)..

Монтажные схемы выполнены в программе Sprint-Layout 5.0.

Стоимость элементов, используемых при изготовлении, составляет 468 руб.

Литература

1. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 200с.
2. Микроконтроллеры. Выпуск 2. Однокристальные микроконтроллеры PIC12C5x, PIC12C6x, PIC16x8x, PIC1400, M16C/61/62. Перевод с англ. Б. Я. Прокопенко/Под ред. Б. Я. Прокопенко. - М.: ДОДЕКА. 2000. -336с.
3. http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/index.htm
4. http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/index.htm
5. http://qrx.narod.ru/avt/el_dv.htm
6. <http://forumcnc.aterix.ru/component/kunena/2-Теория/10-Шаговый-двигатель>
7. <http://www.alldatasheet.com/>
8. <http://blog.adtl.cz/>

Тиняков С.Е.¹, Андреев В.О.²

¹Кандидат технических наук, Филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» в г. Железногорске, г. Железногорск Красноярского края, ООО «Агро - Промышленная компания «ПаК», г. Красноярск; ²кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО «Государственный университет-учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СУШКИ И ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ С УЧЕТОМ ФОРМЫ И ТИПОРАЗМЕРОВ

Аннотация

Статья посвящена исследованию режимов управления температурой в процессах сушки и обжига керамических блоков, с учетом формы и типоразмеров изделий. Объектами исследования являются алгоритмы управления температурой в процессах тепловой обработки керамических изделий. Приведено описание обобщенного уравнения тепловой обработки керамического тела, с учетом теплофизических характеристик и геометрии изделия. Рассмотрены методы автоматизации управления процессами тепловой обработки керамических тел, алгоритмы управления неустойчивыми процессами тепловой обработки с временным запаздыванием.

Ключевые слова: алгоритм управления температурой, временное запаздывание, керамический блок, обжиг, сушка, уравнение тепловой обработки.

Tinyakov S.E.¹, Andreev V.O.²

¹PhD in Technical Sciences, Branch of Siberian Federal University; Agro-Industrial Company «PaK»; ² PhD in Technical Sciences, State university-Study-Science-Industrial complex

ALGORITHM DEVELOPMENT FOR CONTROL THE CERAMIC BLOCKS DYING AND BURNING PROCESSES

Abstract

The article considers to research of temperature control models in the drying and firing ceramic blocks processes depending on the shape and size of a product. The objects of study are algorithms of the temperature controlling process for a heat treatment of ceramic products. There are the generalized equation description of the ceramic block heat treatment, which depends on a thermal characteristics and geometry of the product. It also includes the automation methods of a ceramic blocks heat treatment processes and the control algorithms of a time-delay heat treatment unstable processes.

Keywords: temperature control algorithm, time-delay, ceramic block, firing, drying, heat treatment equation.

При разработке алгоритмов управления процессами сушки и обжига керамических блоков, с учетом их формы и типоразмеров, необходимо понимание теплофизики технологических этапов нагрева и охлаждения.

Для исследования процессов нагрева и охлаждения необходимо решить следующие задачи:

- сформулировать обобщенное уравнение тепловой обработки керамического тела с учетом геометрии изделия;
- предложить методы автоматизации управления процессами тепловой обработки керамических тел, с учетом геометрии изделий;
- на основе предложенных методов автоматизации управления, разработать алгоритмы управления нагревом и охлаждением керамических тел, с учетом геометрии изделий;

- предложить структуру системы автоматического управления температурой на основе ПИД регуляторов;
- исследовать алгоритмы управления неустойчивыми процессами тепловой обработки с временным запаздыванием;

1. Обобщенное уравнение тепловой обработки керамических тел, с учетом геометрии изделий

Рассмотрим процесс управления конвекционным теплообменом керамических тел с окружающей средой воздушной средой, имеющей постоянную температуру T_∞ .

Пусть $Q(t)$ – некоторый параметр управления теплообменом, представляющий собой тепловой источник или компенсатор. Целью управления является регулирование температуры тела, манипулируя величиной параметра управления.

Один из критериев подобия стационарного теплообмена между нагретым и охлажденным твердым телом – число Био (Bi) для керамического блока определяется как:

$$Bi = \frac{hL}{k}$$

Здесь:

h – коэффициент конвективного теплообмена – теплоотдачи от поверхности тела к окружающей среде (и наоборот);

L – характерный размер блока;

k – теплопроводность керамического тела.

В общем случае, процесс конвективного теплообмена керамического тела с окружающей средой описывается квазилинейным линейным уравнением теплопроводности. В предположении одинаковой температуры точек керамического тела в процессе теплообмена, энергетический баланс между телом и окружающей средой аппроксимируется дифференциальным уравнением первого порядка:

$$Mc \frac{dT}{dt} + hA_s(T - T_\infty) = Q(t) \quad (1)$$

Здесь:

M – масса керамического тела;

c – удельная теплоемкость керамического вещества;

A_s – площадь конвективной поверхности тела.

В сформулированной модели (1), геометрию изделия (форму и типоразмеры) учитывает совокупность трех параметров – L , A_s , A_s/M .

Перейдем к безразмерным переменным:

$$\tau = \frac{t}{Mc / hA_s} + hA_s.$$

$$Q(t) = \frac{U^*}{hA_s(T_i - T_\infty)}.$$

В таком случае, уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{d\theta}{d\tau} + \theta = Q(t). \quad (2)$$

Здесь:

$$\theta = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty},$$

так что, $T(0) = T_i, \theta(0) = 1$.

Уравнение (2) описывает управляемую систему. Обозначая параметр регулирования $Q(t) = \theta_r$, можно показать, что решение уравнения (2) (без запаздывания) имеет следующий вид:

$$\theta(t) = (1 - \theta_r)e^{-t} + \theta_r, \quad (3)$$

и $\theta \rightarrow \theta_r$ когда $t \rightarrow \infty$.

2. Алгоритмы регулирования температуры керамического блока

Система автоматического управления с обратной связью для регулирования температуры керамического тела на основе уравнения (3) может быть, в общем виде, представлена в следующем виде (рис. 1):

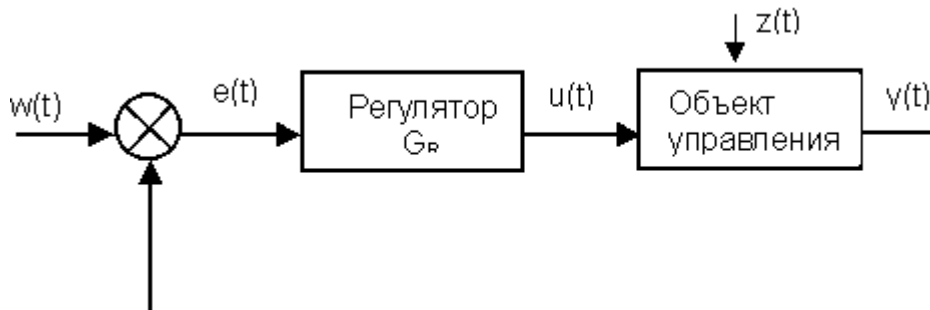


Рис. 1 Система автоматического управления с обратной связью

2.1 ПИД регулятор

Алгоритм пропорционально-интегрально-дифференциального управления по обратной связи (ПИД управление) определяется выражением:

$$u = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(s) ds + K_d \frac{de}{dt}. \quad (4)$$

Здесь величина ошибки $e = \theta_r - \theta$.

2.2 On-Off управление

Алгоритм определяется базовым уравнением [1]:

$$\frac{d\theta}{dt} + \theta = \begin{cases} 1 - on \\ 0 - off \end{cases} \quad (5)$$

Решение уравнения (6) определяется как:

$$\theta = \begin{cases} 1 + C_1 e^{-t} on \\ C_2 e^{-t} off \end{cases} \quad (6)$$

2.3 Пропорциональное управление с временным запаздыванием

Базовое уравнение для пропорционального управления в временной задержкой $\delta\tau$ определяется как [2]:

$$\frac{d\theta}{dt} + \theta + K_p \theta(\tau - \delta\tau) = K_p \theta_s, \quad (7)$$

здесь θ_s - установочное значение.

Решение уравнения (7) имеет вид:

$$\theta = C e^{m\tau} + \frac{K_p \theta_s}{1 + K_p}, \quad (8)$$

причем, при малых значениях $\delta\tau$, значение m аппроксимируется выражением:

$$m = -\frac{1 + K_p}{1 - K_p \delta\tau}.$$

2.4 Управление при переменной температуре окружающей среды

Пусть температура окружающей среды изменяется синусоидально по закону:

$$T_\infty = \tilde{T}_\infty + \delta T \sin \omega t.$$

Тогда безразмерное базовое уравнение определится как:

$$\frac{d\theta}{dt} + \theta = \delta T \sin \Omega \tau + q(\tau), \quad (9)$$

где

$$\delta\theta = \frac{\delta T}{T_i - \tilde{T}_\infty}, \quad (10)$$

$$\Omega = \frac{\omega M c}{h A}$$

Одно из решений уравнения (10) представляется в виде:

$$\theta = \theta_s + a \cos(\Omega \tau + \phi).$$

Здесь:

$$a = -\frac{\delta\theta\Omega}{(1 + K_p)\Omega \sin \phi + [(1 + K_d)\Omega^2 - K_i] \cos \phi}.$$

$$\tan \phi = \frac{(1 + K_p)\Omega}{(1 + K_p)\Omega^2 - K_i}.$$

3. Исследование алгоритмов управления неустойчивыми процессами с временным запаздыванием

Будем рассматривать систему автоматизированного управления (температурный регулятор) с обратной связью, на основе ПИД контроллера, как показано на рис. 2.

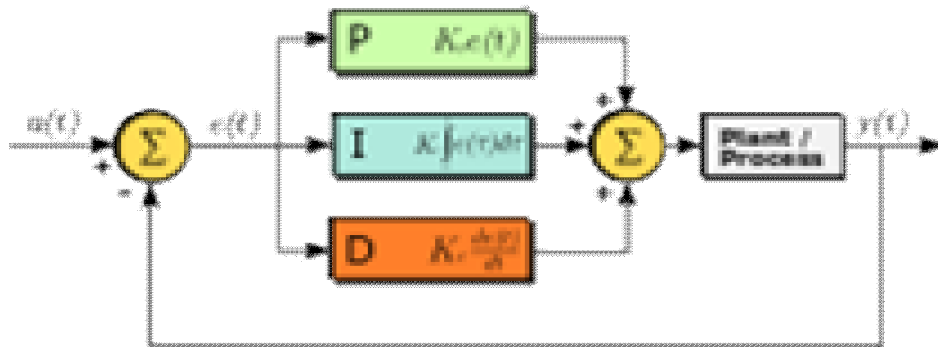


Рис. 2 Система автоматического управления с обратной связью на основе ПИД-регулятора

При моделировании исследуемых алгоритмов, будем представлять управляемый процесс, с временным запаздыванием, неустойчивым звеном первого порядка:

$$G_p(s) = \frac{K}{Ts - 1} e^{-Ls}. \quad (11)$$

Для лучшего понимания процесса регулирования рассматриваем период временного запаздывания в трех разных диапазонах нормализованного мертвого периода запаздывания [3]:

1. $0 < \frac{L}{T} < 0.693$,
2. $0.693 < \frac{L}{T} < 1$,
3. $1 < \frac{L}{T} < 2$.

При изучении алгоритмов управления используется ряд технических параметров оценки качества управляемого процесса, в т.ч.:

- время подъема t_r ,
- время формирования режима t_s ,
- перерегулирование M_p ,
- интегральная абсолютная ошибка IAE,
- время восстановления после возмущения t_R ,
- максимальная ошибка вызванная возмущением e_{\max} .

Заключение

В ходе выполнения работ получены следующие результаты:

- с учетом физики процессов сушки и обжига керамических блоков, разработано обобщенное дифференциальное уравнение тепловой обработки с учетом геометрии и теплофизических характеристик изделий;
- на основе анализа научных публикаций, предложены методы автоматизации управления процессами тепловой обработки керамических тел, учитывающие геометрию изделий;
- исследованы подходы к управлению неустойчивыми процессами тепловой обработки, при наличии временного и мертвого запаздывания;
- предложена структура системы автоматического управления температурой на основе ПИД регуляторов, с учетом неустойчивости тепловых процессов и явления временного запаздывания;

Литература

1. Qing-Guo Wang. A comparative study on control of unstable processes with time delay. Control Conference, 2004. 5th Asian (Volume 3). P. 1-6.
2. Sen Mihir. A review of the principles and applications of thermal control. University of Notre Dame. 2003.
3. Sen Mihir. Principles of thermal control. University of Notre Dame. 2004.
4. ГОСТ 530-2007. Кирпич и камни керамические. Общие технические условия.
5. ГОСТ 530-95. Кирпич и камни керамические. Технические условия.

Халилев Р.Ф.

Аспирант, Московский автомобильно – дорожный государственный технический университет (МАДИ).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные направления и задачи при проектировании интеллектуальных транспортных систем. Рассмотрены условия разработки локальных проектов интеллектуальных транспортных систем, на стадии обоснования, внедрения и модернизации.

Ключевые слова: жизненный цикл (ЖЦ), интеллектуальные транспортные системы (ИТС), локальный проект (ЛП), техническое решение (ТР).

Khalilev R.F.

PhD student, Moscow State Road Automobile University

DESIGN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Abstract

The given article contains the main objectives and approaches when designing ITS. Also it principles development local projects ITS, at the stage substantiation, implementation and upgrade systems.

Key words: life cycle (LC), intelligent transport systems (ITS), local project (LP), technical solution (TS).

Introduction

At the initial stage of development and formation of local ITS projects, the most important effective building system during the life cycle is the true estimate analysis of capital and exploitation costs.

The most spread method of decision-making by the customer on the stage development LP ITS, based on the choice of the most efficient project with the lowest cost.

Considering the experience of the implementation and exploitation of ITS projects in a rapidly progressing technological environment area, the adoption of solutions by the customer, based on experience and typical technical solutions, initially creates an outdated and less efficient system, and then this system is not adopted to the modernization and development.

The customer has to select the optimal local project ITS, taking into consideration the most efficiency, prediction of modification, influence of the system on service market.

At the initial stage of development and formation of local ITS projects, the most important effective building system during the life cycle is the true estimate analysis of capital and exploitation costs. The most spread method of decision-making by the customer on the stage development LP ITS, based on the choice of the most efficient project with the lowest cost.

Considering the experience of the implementation and exploitation of ITS projects in a rapidly progressing technological environment area, the adoption of solutions by the customer, based on experience and typical technical solutions, initially creates an outdated and less efficient system, and then this system is not adopted to the modernization and development.

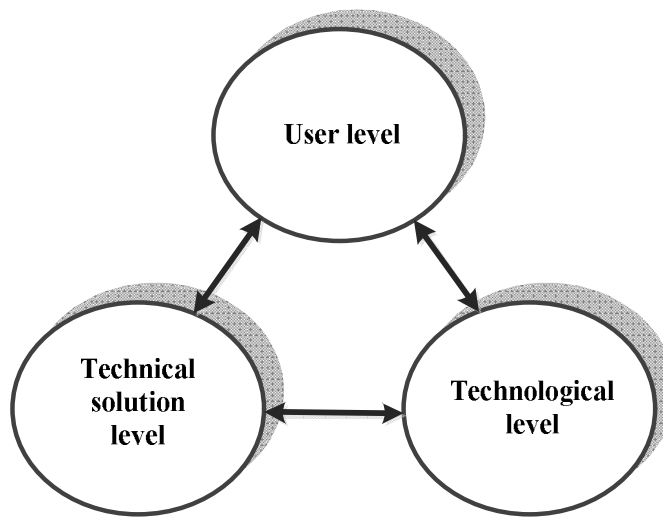
The customer has to select the optimal local project ITS, taking into consideration the most efficiency, prediction of modification, influence of the system on service market.

The creation of indicators efficiency matrix, functional physical architecture LP ITS, should be inextricably linked. The indicators efficiency matrix creates conditions and requirement to the functional architecture. The development of functional architecture includes control mode (standard, situational and operational); the conditions of cooperation with the external informational systems, zone of influence and requirements for the physical architecture.

Development of physical architecture LP ITS requires the high level of knowledge in the area of information and telecommunication technologies. The users of ITS make the requirements to the technological base of LP and are the direct subject receiving and implementation of control characteristics.

The structure of estimate efficiency ITS include three levels (Drawing 1):

- a) User level – the estimate of realizing of control characteristics;
- b) Technological level – methods and modes of receiving, elaboration of dates and cooperation subsystems ITS;
- c) Technical Solutions level – data collection, processing and control characteristics mapping;



Drawing 1 – Cooperation structure

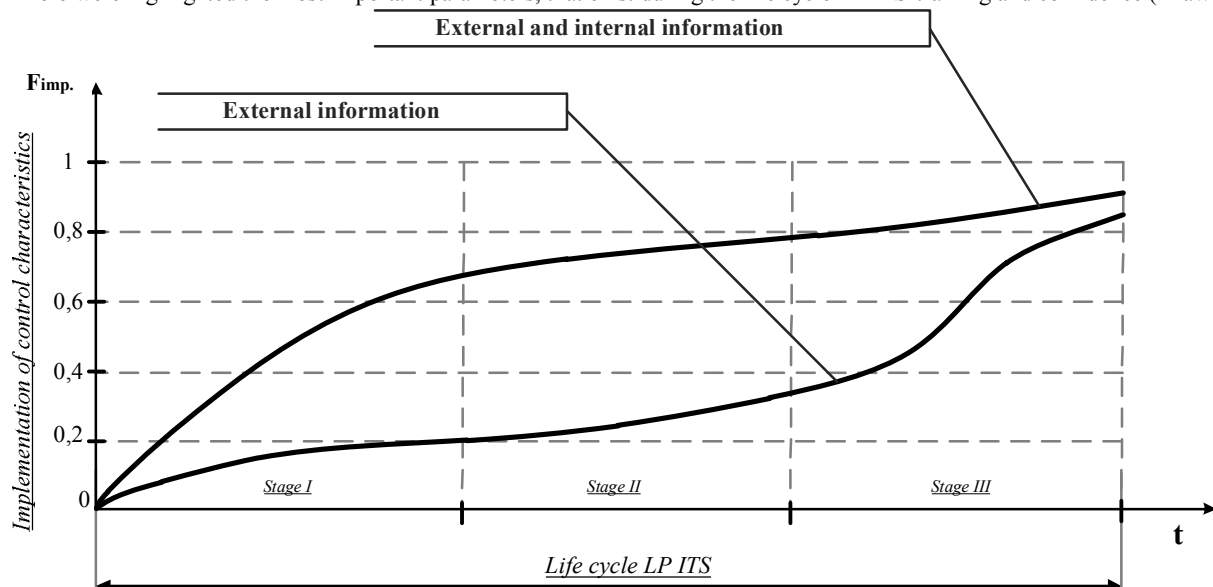
The relevant cooperation of these levels make the true efficiency estimate LP ITS.

On the basis of the material given above were made the next experimental researches:

- cooperation users level and technical solution level;
- Users level and technological level;
- Technological level and technical solution level.

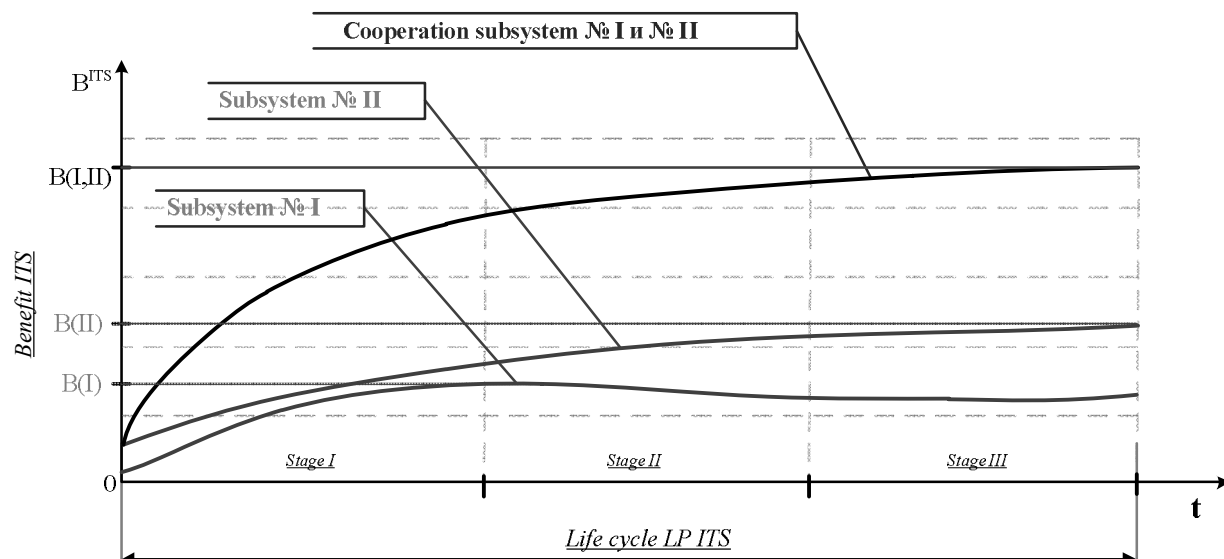
Consequently, we have the sequent results:

- 1) Implementation level of sequent parameters during life cycle period have a dynamic character of changing and depends on conditions and information quality ITS users. It was revealed the dependence of growth/descent level of executed parameters from ITS area knowledge zone. Knowledge, conditions of work system, ability to use received information, quality of information etc. There were highlighted the most important parameters, that exist during the life cycle LP ITS-training and confidence (Drawing 2).



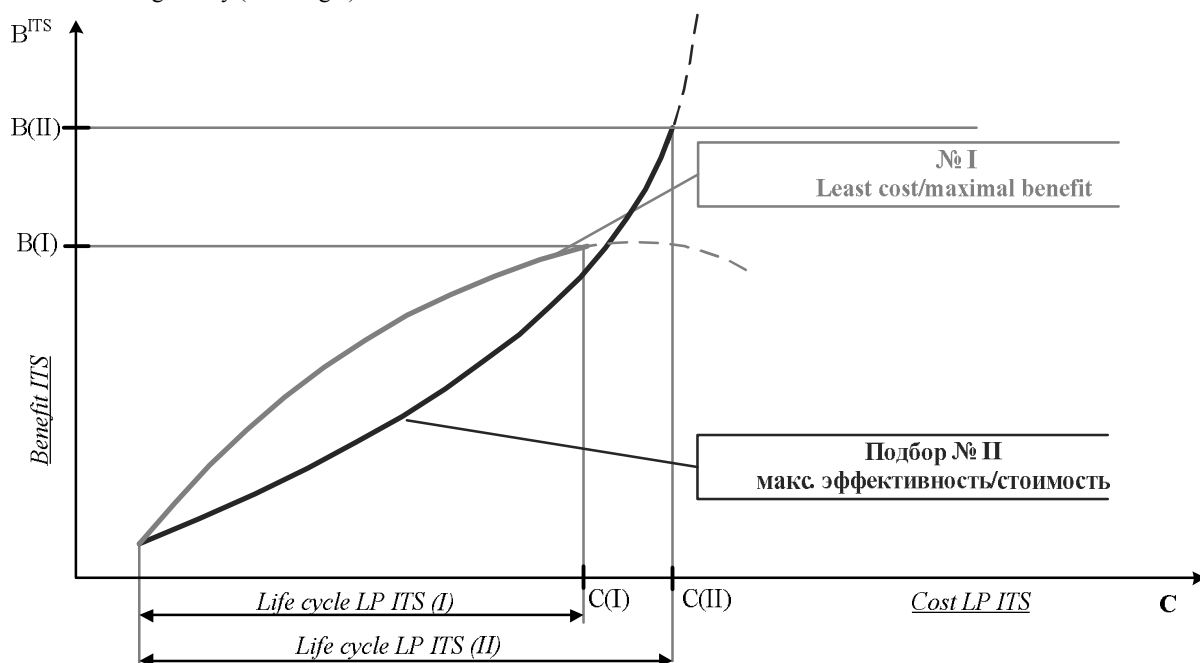
Drawing 2 – Estimate efficiency LP ITS

- 2) The appropriate doubling and additional informing allows to raise the control characteristics level from 10 % to 20% , that considerably improve the efficiency of the system in whole. The implementation of doubling systems and additional informing requires the conducting of special researches that determine distraction during the usage of internal technical solution in a car to avoid the decrease of the transportation security level.
- 3) Considering the level of subsystems combination , were highlighted the main conditions of cooperation subsystems - “synergy” effect. Cooperation of the relevant subsystems in the terms of one and more goals is the most efficient solution during the situational and operating control. At the uncoordinated operation is not regard the cooperation is possible the negative mutual influence (Drawing 3).



Drawing 3 – Estimate efficiency cooperation subsystems LP ITS

- 4) The realization of choosing the most effective ITS project is necessary to make with the help of recommendations and conditions given above. A comparison of two or more subsystems subject to a further increase / decrease of efficiency ITS during the life cycle, combining technical solutions in a single / multi-goals allows you to display to select the most favorable conditions of the draft ITS on stage study (Drawing 4).



Drawing 4 – Benefit/cost analysis LP ITS

Conclusion

The acceptance of the appropriate solution by the customer on the stage of implementation LP ITS permit to adopt the most profitable system costs benefits during the LC. Design ITS taking into consideration the regarded conditions in this article permit the customer to make the right financial and technical policy and build a system that will work for a long period of time.

Литература

1. Жанказиев С.В., Тур А.А., Халилев Р.Ф. Интеллектуальные дороги – современный взгляд // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – № 2. – С. 1 – 7.
2. Жанказиев С.В., Халилев Р.Ф. Становление жизненного цикла локального проекта интеллектуальной транспортной системы // Отраслевой ежемесячный научно-производственный журнал для работников автотранспорта Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11.
3. Жанказиев С.В., Халилев Р.Ф. Принципы формирования архитектуры локального проекта интеллектуальной транспортной системы // В мире научных открытий. – 2012. – №12. С.105 – 111.
4. Халилев Р.Ф. Новые подходы к оценке эффективности технических решений ИТС // Научно – практический журнал Актуальные вопросы инновационной экономики. – 2013. – № 4. С. 176-179.

Черёмушкин О.А.

Аспирант, Волгоградский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

МЕТОДИКА ПРИСВОЕНИЯ КАТЕГОРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ УЗЛУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация

В статье рассмотрена методика, позволяющая определять категорию предприятия, которая при поддержке законодательной базы относительно налоговых отчислений позволит обеспечить дополнительный стимул к модернизации и снижению количества выбросов, даже если предприятие не превышает ПДК.

Ключевые слова: экологическая безопасность, промышленность, моделирование

The article describes a technique that allows you to specify a category of companies that support the legislation in respect of tax deductions will provide an additional incentive to modernize and reduce the amount of emissions, even if the company does not exceed the maximum permissible concentration.

Keywords: environmental security, industry, the simulation

Ранжирования предприятий на категории при поддержке законодательной базы относительно налоговых отчислений позволит обеспечить дополнительный стимул к модернизации и снижению количества выбросов, даже если предприятие не превышает ПДК [1]. Исходными данными для реализации присвоения категории предприятиям послужили таблицы «Параметры источников выбросов для определения нормативов ПДВ», которые в обязательном порядке включаются в проект нормативов ПДВ каждого предприятия.

Автором собраны и обобщены данные о параметрах асфальтобетонных заводов с типовыми установками различной производительности и различным составом вспомогательных производств. В работе рассмотрена процедура присвоения категории для асфальтомесительной установки (АСУ) марки Д-597-А, производительностью 25 т/ч, работающей на мазуте.

В табл. 1 приведен перечень 7-ми основных загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых в атмосферу рассматриваемого узла АБЗ. Приведены код и наименование загрязняющего вещества, а также их замеры в пяти контрольных точках.

Таблица 1 - Расчетные концентрации ЗВ в контрольных точках

Характеристика вещества		Концентрации, доли ПДК				
Код	Наименование	T1	T2	T3	T4	T5
0143	Марганец и его соединения	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,25	0,26	0,20	0,18	0,18
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,07	0,07	0,05	0,04	0,05
0328	Углерод (Сажа)	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05
0337	Углерод оксид	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,28	0,25	0,22	0,20	0,14
2930	Пыль абразивная	0,09	0,05	0,02	0,02	0,02

При определении экологической нагрузки экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта человека-специалиста, или играть роль ассистента для человека, принимающего решение.

Правила, задаваемые в системе, определяются относительно упорядочивания объектов по их степени лидерства над другими. Так как такие факторы вредного воздействия вещества как токсикологические и химические свойства в сочетании с аналитическим исследованием объекта, климатические и ландшафтные особенностей региона, статистические данные, уровень опасности для человека и биосферы региона, группы суммации и фонового загрязнения, влияние на объекты культурного наследия и т.д. невозможно представить в виде точных методов, и невозможно определить степень опасности ЗВ при данных условиях, так как степень опасности при данных условиях приобретает неопределённый характер. В связи с этим при определении экологической нагрузки с помощью экспертной системы необходимо привлечение эксперта, который должен задавать значение в виде матрицы учитывая данные параметры [2]:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,6 & 0,5 & 0,5 & 0,1 & 0 & 0,1 \\ 0,3 & 1 & 0,5 & 0,3 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,2 & 0,4 & 1 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 0,4 & 0,6 & 0,1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,3 & 1 & 0,1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,9 & 0,9 & 1 & 0,5 \\ 0,9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

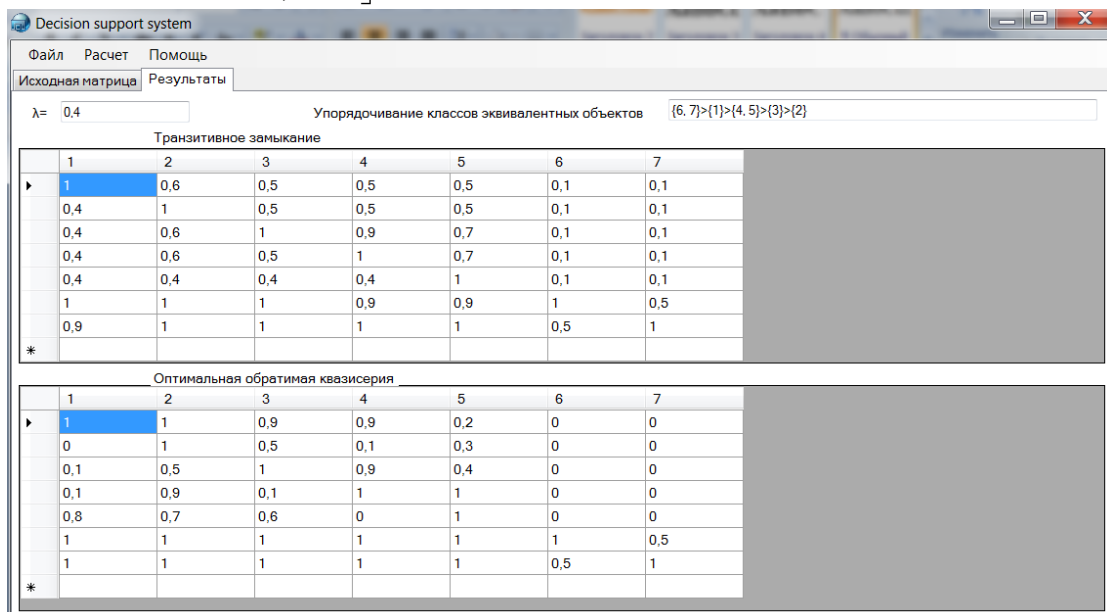


Рис. 1 Результаты расчетов транзитивного замыкания, оптимальной обратимой квазисерии и упорядочивания объектов

Как видно из рисунка, получаем следующие классы эквивалентных объектов и их упорядочение: $\{6,7\} > \{1\} > \{4,5\} > \{3\} > \{2\}$. На основе полученных данных в Matlab fis-редакторе в системе типа Сугено задаются правила ограничений суммирования ЗВ:

1. Если хотя бы один из элементов превышает ПДК то присвоить 1-ю категорию.
2. Если все элементы равны ПДК то присвоить 2-ю категорию.
5. Если элементы и Пыль неорганическая: 70-20% SiO₂ (6) и Пыль абразивная (7) равны ПДК, а остальные элементы меньше ПДК то присвоить 3-ю категорию.
6. Если элементы Пыль неорганическая: 70-20% SiO₂ (6) и Пыль абразивная (7) меньше ПДК, а все элементы равны ПДК то присвоить 4-ю категорию.
7. Если все элементы минимальны, то присвоить 5-ю категорию.
8. Если все элементы меньше ПДК, то присвоить 3-ю категорию.

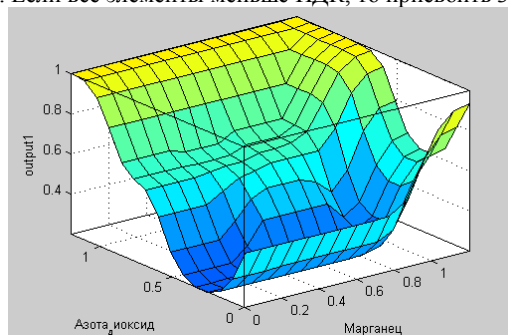


Рис.2 Отношение веществ "Азота диоксид" и "Марганец"

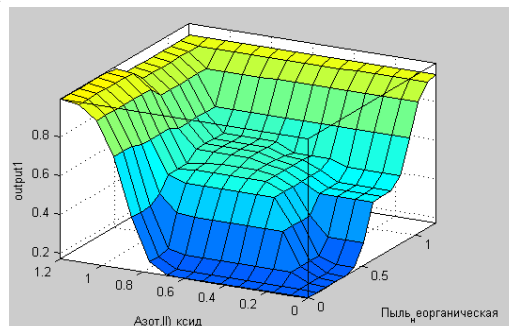


Рис.2 Отношение веществ "Азот (II) оксид" и "Пыль неорганическая: 70-20% SiO₂"

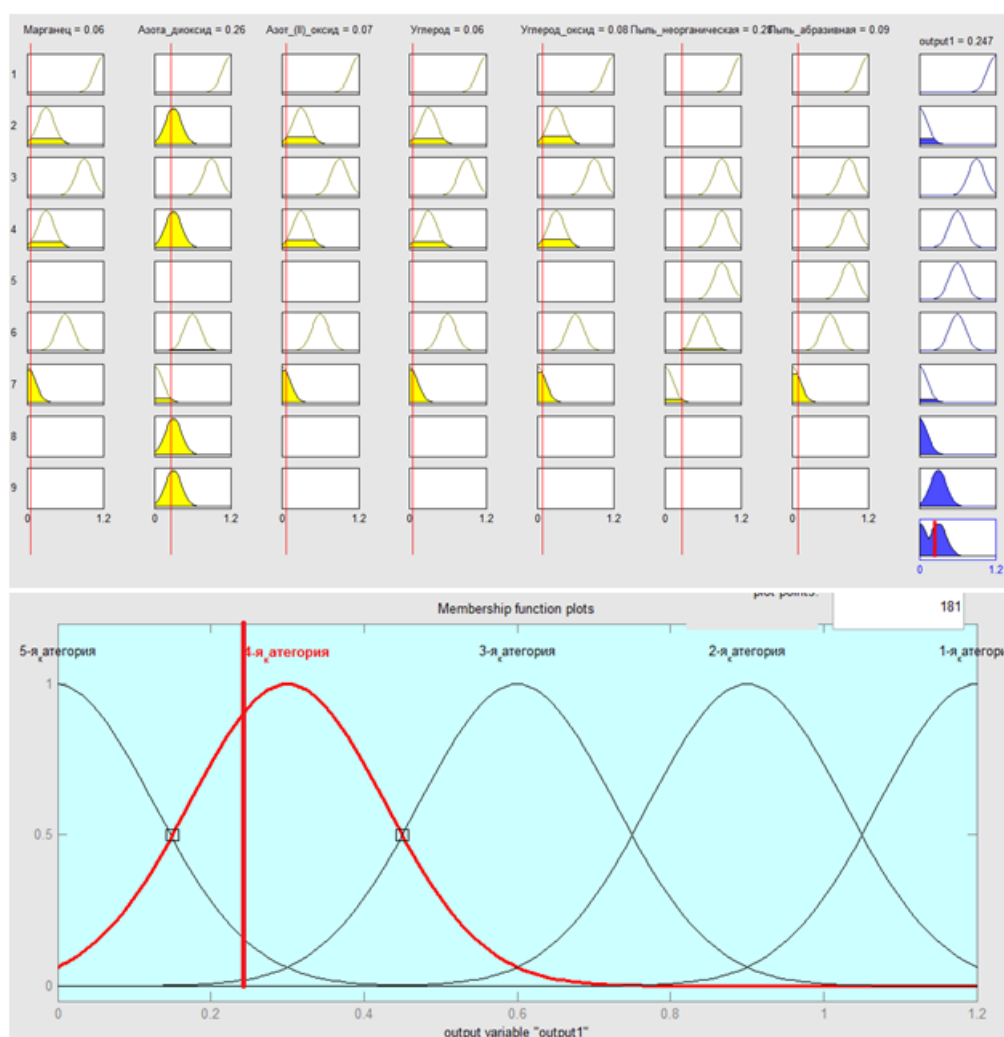


Рис. 4 Результаты расчётов визуализации нечеткого вывода относительно центра области по максимальным долям ПДК в контрольных точках

Получим на выходе 0,247, что означает 4-ю категорию предприятия, выбросы которых не создают условий для нарушения стандартов качества атмосферного воздуха в селитебных зонах. Для таких предприятий необходимо проведение расчетов загрязнения атмосферы, но не требуется разработка природоохранных мероприятий и нормативы ПДВ могут устанавливаться на уровне существующих выбросов.

Разрабатываемая система должна обеспечить нам решение задач экологической безопасности хозяйствующего субъекта при возможном расширении или модернизации производства как всего субъекта, так и его частей и также дать предприятиям дополнительный стимул к снижению выбросов ЗВ вплоть до замкнутых циклов [3,4]. При разработке и внедрения экспертной системы по определению категоричности предприятия предполагается её дополнение обучающими выборками на основе генетических алгоритмов. Данная система также позволит определять категорию предприятия при его расширении или модификации производства, что позволит заранее определять меры по снижению экологической нагрузки и уменьшить финансовые затраты по обеспечению экологической безопасности.

Литература

1. Черёмушкин О.А. Распределённая информационная система по усовершенствованию методологии определения категории объектов стройиндустрии по степени воздействия их выбросов на качество атмосферного воздуха // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям 2012. [Электронный сборник] URL: <http://conf.nsc.ru/ym2012/ru/reportview/134947> (дата обращения 25.07.2013).
2. Черёмушкин О. А., Санжапов Р. Б. Компьютерная система моделирования поддержки принятия решений при анализе экологической безопасности строительства // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2012. Вып. 7(21).
3. Санжапов Б.Х., Калина И.С. Моделирование принятия решений при стратегическом планировании устойчивого экономико - социального развития региона// Изв. ВолГТУ. Серия: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып.6. №2(17), 2006 г., С.77-79.
4. Санжапов Б.Х., Черёмушкин О. А. Оценка степени воздействия объектов стройиндустрии на окружающую среду в условиях нечеткой информации // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2012. Вып. 8(24).

Олейников Б.В.¹, Шалабай А.И.²

¹Кандидат философских наук, доцент; ²аспирант, Сибирский федеральный университет

КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация

В настоящей статье описан оригинальный алгоритм автоматической классификации научных текстов для задачи реализации тематического поиска и проведен анализ его точности. Основными его преимуществами являются скорость работы при хранении данных в SQL базе данных.

Ключевые слова: тематическая классификация текстов, УДК, алгоритм классификации, SQL

Oleynikov B.V.¹, Shalabay A.I.²

¹Candidate of philosophical sciences, ²postgraduate student, Syberian federal University

CLASSIFICATION OF SCIENCE TEXTS FOR DEVELOPMENT THEMATIC SEARCH IN THE SPECIAL SYSTEMS

Abstract

This article describes the original algorithm for automatic classification of scientific texts for develop the thematic search. Its main advantages are speed and the ability to store data in a SQL database. The analysis of the accuracy of the algorithm

Keywords: classification of scientific texts, UDC, algorithm of classification, SQL

Современные системы поиска информации в сети Интернет используют технологию полнотекстового поиска, определяя присутствие поисковой фразы в текстах документов, размещенных в открытом доступе. На практике, подобные системы не всегда предоставляют релевантные результаты поиска из-за огромного количества формально соответствующих поисковому запросу документов. Для повышения релевантности дополнительно необходимо внедрять технологию тематического поиска, другими словами осуществлять подбор литературы строго определенной области знаний.

В [1,2] описана концепция и разработка библиотечной Grid-системы, предназначенной для каталогизации научных и образовательных Интернет-ресурсов в частично автоматическом режиме и объединения этого каталога с ресурсами традиционных библиотек. При этом, одним из основных условий для создания подобного каталога является классификация цифровых документов. Его структура позволит осуществлять тематический поиск, указав в поисковом запросе код области знаний в соответствии с выбранным классификатором. В данной работе используется универсальный десятичный классификатор (УДК), но, в общем случае, может быть выбран любой с иерархической структурой.

Существует три основных подхода к классификации текстов:

1. Ручная. При поступлении новых книг в библиотеку, сотрудники самостоятельно классифицируют каждый документ.
2. Автоматическая, с использованием набора заранее созданных правил. Позволяет довольно точно классифицировать большинство текстов, но требует создания тысяч правил и их дальнейшего изменения грамотным специалистом.
3. Автоматическая, с использованием обучающих алгоритмов. Для реализации необходимо создать обучающую выборку: вручную классифицировать относительно небольшое число текстов и использовать один из алгоритмов классификации. Данный подход, как правило, является менее точным и менее быстрым в работе, чем предыдущий. Его главным преимуществом является минимизация человеческих ресурсов для обслуживания системы классификации.

Для использования в указанной Grid-системе важнейшим требованием к классификатору является скорость его работы, даже в ущерб точности: процесс классификации должен происходить при каталогизации новых документов в режиме реального времени.

Для реализации возможности тематического поиска научных текстов можно значительно упростить задачу классификации. Предположим, что каждый научный текст содержит определенные термины, по которым можно сделать вывод о принадлежности информации к определенной тематике.

Для создания обучающей выборки, в каждый класс необходимо включать только термы $t^k \in (D^k \setminus M)$, где D^k - множество слов документа, включаемого в выборку, M - множество слов общей лексики, не являющиеся научными терминами. На практике возможно включение в M всех слов, присутствующих в нескольких произведениях классической художественной литературы (в которых практически отсутствуют научные термины).

Так как в дальнейших рассуждениях порядок слов и количество повторов каждого термина в документе не важны, будем считать эквивалентными понятия k -того документа и множества D^k .

Для первоначального формирования обучающей выборки достаточно выбрать несколько научных текстов разной тематики и присвоить им классификационный код. В дальнейшем, система будет обучаться двумя способами:

1. При успешной автоматической классификации система добавляет встретившиеся в классифицированном документе неизвестные термины в соответствующий класс.
2. В случае, если подходящий класс не найден, пользователю будет предложено самостоятельно выбрать код для документа из справочника, после чего произойдет создание нового класса и размещение в нем научных терминов

Основным требованием для алгоритма классификации, работающего в режиме реального времени является скорость работы, даже в ущерб точности распознавания тематики. Это связано с тем, что реализация тематического поиска подразумевает работу с

большим количеством объемных текстов (сотни тысяч документов, в каждом из которых может содержаться несколько сотен терминов).

Исходя из вышеизложенного предлагается классифицировать документ следующим образом:

1. При добавлении k -того документа неизвестной тематики сформировать для него множество $D^k \setminus M$, где D^k – множество слов k -того документа.
2. Для каждого известного класса C_i вычислить $R_i^k = |C_i \cap (D^k \setminus M)|$ – количество слов научной тематики k -того документа, имеющих отношение к классу C_i .

Очевидно, что чем больше значение R_i^k , тем больше терминов класса C_i содержится в k -том документе, а значит и вероятность принадлежности k -того документа к C_i выше. Подобная схема используется в линейном online-классификаторе [4], только вместо удаления слов общей лексики используются вектора весов терминов, содержащие информацию о значимости каждого термина для классификации. Причем, для формирования таких векторов (т.е. обучения алгоритма), следует воспользоваться информацией о правильности проведенной классификации (которой может и не быть).

К сожалению, классификация документов подобным образом в некоторых случаях может быть ошибочна.

Пусть D^1 и D^2 – некоторые документы, а C_1 и C_2 некоторые классы. Рассмотрим два предельных случая при классификации документа только по величине R_i^k :

1. Допустим, что D^1 и D^2 принадлежат классу C_1 , но $|D^1 \cap C_1| > |D^2|$ и $D^2 \cap C_1 = D^2$. В этом случае $R_1^1 > R_1^2$, а значит вероятность принадлежности документа D^1 классу C_1 выше. Однако, с другой стороны, так как всё множество слов документа D^2 содержится в классе C_1 , вероятность принадлежности D^2 к C_1 должна быть максимальной.

2. Допустим, что D^1 принадлежит классу C_1 , но содержит в себе некоторое количество слов (терминов) из класса C_2 , то есть в документе присутствует множество терминов $A \cap C_2$. В случае, если $|A| > |C_1|$ – документ будет классифицирован неправильно.

Ситуации, подобные второму предельному случаю, могут часто встречаться на практике, так как количество терминов, характеризующих ту или иную область знаний, может значительно отличаться. Особенно, ситуация усугубится при обучении системы путем автоматического добавления новых терминов в существующие классы, так как для разных областей знаний их число будет различным (литература различной тематики будет пользоваться неравной популярностью у пользователей). Поэтому предлагается ввести специальную корректирующую функцию

$$f_i^k = \frac{\alpha R_i^k}{\max_j R_j^k} + \frac{R_i^k \min_j |C_j|}{|C_i| \max_j R_j^k},$$

где α – некоторый коэффициент. Если $\max_j R_j^k = 0$, то k -тый документ классифицировать невозможно. Функция может принимать значения $0 \leq f_i^k \leq \alpha + 1$.

Данная функция f подобрана авторами экспериментально. Наглядно её действие продемонстрировано в Таб. 1.

Таблица 1 – значение функции f для различных α .

Класс	$ C_i $	R_i^k	$f, \alpha = 0$	$f, \alpha = 0,25$	$f, \alpha = 0,5$	$f, \alpha = 1$
C_1	10	5	0,5	0,63	0,78	1
C_2	30	7	0,23	0,41	0,62	0,93
C_3	20	10	0,5	0,75	1,05	1,5
C_4	30	10	0,33	0,58	0,88	1,33

Для дальнейшей работы примем $\alpha = 0,25$; однако при практическом применении алгоритма коэффициент может принимать другое значение.

Для части документов правильность классификации может быть подтверждена специалистом, в этом случае встречающиеся в нем новые термины необходимо добавить в соответствующий класс.

Для реализации алгоритма предлагается использовать SQL базу данных, которая позволит:

1. Хранить не только ключевые слова, но и дополнительные данные о литературе. Таким образом в одной базе можно сосредоточить всю информацию, необходимую для создания полноценной информационной системы.
2. Производить с помощью штатных средств SQL быстрые соединения таблиц и при минимальных трудовых затратах получать в результатах поискового запроса все необходимые для классификации данные.
3. Легко масштабировать систему хранения данных, выбирая СУБД в соответствии с реальными потребностями (зависит от числа классов, документов, рабочих мест пользователей): при реальном использовании словарь слов всех классов научной тематики может состоять из нескольких сотен тысяч записей (для литературы на разных языках), а количество книг может быть чрезвычайно большим.

Приведем простой пример практической реализации представленного алгоритма на основе использования SQL базы данных:

1. Создается таблица Dict_words (code, name), содержащая $\bigcup_k X^k \setminus M$.

2. Создается таблица Dict_docs (code, name, author, class), каждая строка которой содержит библиографическую информацию отдельного документа.

3. Создается таблица Link_words_docs (code_dict_words, code_dict_docs) содержащая записи, которые определяют принадлежность слов из Dict_words документу из Dict_docs.

Тогда запрос по конкретному k -тому документу, определяющий R_i^k будет выглядеть следующим образом:

```
SELECT count(*) FROM
(SELECT * FROM LINK_WORDS_DOCS lwd1 INNER JOIN DICT_DOCS dd ON lwd.code_dict_docs = dd.code WHERE dd.class
= Ci) t1 INNER JOIN
(SELECT * FROM LINK_WORDS_DOCS lwd2 WHERE lwd2.code_dict_docs = d) t2 ON
t1.code_dict_words = t2.code_dict_words;
```

Главное преимущество рассматриваемого алгоритма заключается в том, что при подобной реализации возможно исключить использование более медленных соединений типа OUTER JOIN и тем самым значительно повысить скорость выполнения запроса: на стандартном офисном компьютере время выполнения такого запроса по базе данных с использованием таблицы LINK_WORDS_DOCS, содержащей 42 тысячи записей, составляет в среднем 0,045 секунды.

Пусть $f_*^k = \max_j f_j^k$, $f_{**}^k = \max_{j, f \neq f_*^k} f_j^k$, $f_*^k - f_{**}^k = \Delta f$. Очевидно, что чем больше значение Δf , тем выше вероятность правильности

классификации. Следовательно, если при некотором Δf считать, что классификация не удалась, то за счет сокращения общего числа классифицированных документов возможно повысить её точность.

Для классификации текстов по кодам УДК предлагается воспользоваться следующей схемой иерархической классификации, показанной на Рис. 1, где N - текущий уровень УДК, $Code$ - текущий код УДК, определенный классификатором, $f()$ - функция автоматической классификации, возвращающая код класса, соответствующего документу D^k .

Следует пояснить, что классификация происходит только по кодам УДК (классам), которые являются дочерними для кода, определенного на предыдущем этапе.

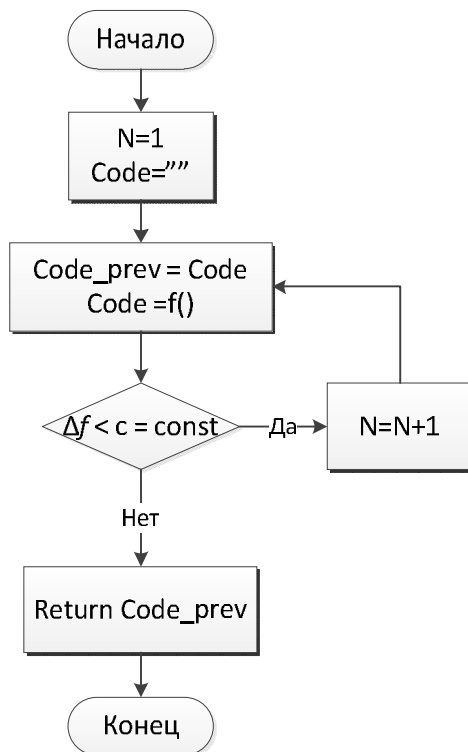


Рис. 1 - Алгоритм иерархической классификации.

Для оценки точности представленного алгоритма был проведен следующий эксперимент: для классификации использованы 200 научных статей из архивов электронных научных журналов («Наука и образование: Электронное научно-техническое издание» и «Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского аграрного университета») (Таб. 2). В качестве множества M использовался набор слов из произведений В.П. Астафьева («Царь-рыба», «Веселый солдат»), в результате количество слов в документах сократилось в среднем на 15%.

Таблица 2 - Точность классификации представленного алгоритма.

Уровень УДК	Оценка по R_i^k	Оценка по f
1	84%	93,5%
2	67,5%	76%
3	42%	52%

Если при $\Delta f < 0,2$ полагать, что документ не был классифицирован, то по первому уровню УДК точность классификации составит 100 %, но будет классифицировано всего 79% документов. Подбирать требуемое минимальное значение Δf должен специалист, ответственный за классификацию литературы в соответствии с выбранным приоритетом (качества, либо количества). Для сравнения, согласно [3], точность известного метода PrTFIDF (в его иерархическом варианте) для тематической классификации составляет 72% для второго уровня иерархии, и 66% для конечного уровня иерархии.

Следовательно, можно заключить, что представленный оригинальный алгоритм целесообразно использовать для классификации по первому, либо второму уровню УДК. В случаях использования подобной SQL базы данных, представленный алгоритм значительно выигрывает в скорости. При другой организации системы хранения данных сопоставление результатов требует дополнительных исследований.

Если после осуществления классификации сформировать библиографические записи для цифровых документов в общепринятых форматах (например MARC, Mods и т.п.), появляется возможность интегрировать эти записи в каталоги традиционных библиотек (при заполнении и другой информации, в соответствии с библиотечными требованиями). Но, и без подобной интеграции, при использовании информации о тематике в поисковых системах, объединяя технологии полнотекстового и тематического поиска, возможно значительно повысить релевантность поисковых запросов.

Литература

1. Олейников Б.В., Шалабай А.И. К вопросу размещения открытых Интернет-ресурсов в классических библиотечных системах. XI международная ФАМЭБ'2012 конференция, С.:293–296.
2. Олейников Б.В., Шалабай А.И. Программное обеспечение для построения Грид-системы консолидации ресурсов традиционных библиотек и Интернетресурсов. XVI Международная ЭМ конференция по эвентологической математике и смежным вопросам.
3. Шелестов А.А., Дунаев Е.В. Автоматическая рубрикация web-страниц в интернет-каталоге с иерархической структурой. Интернет-математика 2005.
4. Ермакова Л.М. Методы классификации текстов и определения качества контента. Вестник Пермского университета, №3 (7), 2011, С.: 47-53.

Рассмотрен феноменологический синергетический закон водородной повреждаемости и приведено его экспериментальное подтверждение. Закон позволил выяснить смысл критической концентрации водорода и его активности, а также предложить методы их определения. Закон сопоставлен с выводами известных теорий и моделей водородной хрупкости. Обработка литературных данных подтвердила уравнение закона.

Ключевые слова: водородная хрупкость, наводороживание, нестационарная диффузия водорода, параметр водородной повреждаемости.

Shashkova L.V.

PhD in technical sciences, associate professor, Orenburg State University

THE SYNERGETIC LAW DAMAGEABILITY OF METALS AND ALLOYS BY HYDROGEN**Abstract**

The phenomenological synergetic law of hydrogen damageability is considered and given its experimental confirmation. The law permits explain the meaning of the critical concentration of hydrogen and its activity, as well as propose methods for their determination. The law is associated with the findings of the known theories and models of hydrogen embrittlement. Processing of data in the literature confirmed the equation of the law.

Keywords: hydrogen embrittlement, hydrogen charged, non-stationary diffusion of hydrogen, parameter of hydrogen damageability.

1. Введение

Водородная хрупкость (ВХ) стали остается актуальной проблемой, как в научном плане, так и в производственном отношении, несмотря на очевидные достижения и постоянное пристальное внимание исследователей к данной теме. Значительный по объему экспериментальный и теоретический материал по водородной повреждаемости железа и стали позволил провести классификацию видов ВХ, развить модели и теории ВХ, решать практические задачи повышения водородостойкости стали. В то же время остаются нерешенными и актуальными задачи экспериментального изучения кинетики и динамики ВХ в связи с активностью

(фугитивностью) водорода. По определению, активность $a = \exp \frac{\Delta \mu}{kT}$ зависит от разности химических потенциалов $\Delta \mu$, при

наличии которой водород диффузионно подвижен, так что приходится иметь дело с потоками и неоднородностью концентраций водорода. В абсолютном большинстве экспериментов по влиянию водорода на характеристики материалов активность не учитывается, хотя и установлено, что максимальное разрушающее влияние наблюдается, когда водород имеет предельную диффузионную подвижность и активность. Причина видится в том, что в исследованиях ВХ используются электрохимические процессы, при которых легко менять интенсивность наводороживания и наблюдать эффекты влияния водорода на металлы и сплавы. Однако эти процессы неравновесные, распределение водорода в металле неравномерное, и здесь неприменимы стандартные технологии оценки термодинамической активности или фугитивности (летучести) водорода, а, следовательно, и величины критической концентрации водорода.

В большинстве теорий и моделей ВХ используется величина критической концентрации водорода, однако ни аналитических, ни экспериментальных методов определения этой величины не предложено. По существу критическая концентрация водорода остается гипотетическим или подгонным параметром. Усилия по изучению ВХ сводятся к эмпирическому постулату: сочетание критических концентраций водорода C_* и интенсивности напряжений в устье трещины K_{IH} является константой данного материала [1]: $C_* \cdot K_{IH}^n = const$, где n – эмпирическая постоянная. Авторы [2] отмечают, что критическая концентрация C_* – неявная функция времени, свойств материала, среды, напряженного состояния. Если бы был прямой способ определения C_* , теория была бы закончена.

Имеющееся разнообразие гипотез и моделей ВХ возникло при объяснении результатов конкретных экспериментов и особенностей ВХ пластичных и высокопрочных сталей. Все теории согласуются с опытом при подборе эмпирических коэффициентов. В последние годы предложены различные механизмы действия водорода на структуру и свойства сталей: связанная модель диффузии – упругопластичности [3], механохимическая модель [4], модели для описания кинетики замедленного разрушения высокопрочных сталей в неактивных и водородсодержащих средах [5] и др., например [6-8]. Однако перечисленные модели описывают необратимую ВХ, хотя и отмечается, что разрушение под влиянием диффузионно-подвижного водорода (обратимая ВХ) мало предсказуемо и наиболее опасно.

В последние годы исследователями все больше осознается необходимость учета синергизма систем металл-водород для нового подхода к пониманию и описанию практических всех эффектов и явлений, наблюдаемых в металлах и сплавах при их взаимодействии с водородом. Системы металл-водород являются открытыми, что приводит к диссипации энергии и порождает нелинейное поведение таких систем. Особенно ярко нелинейные синергетические эффекты проявляются на стадии нестационарной диффузии (при нарастании потока) протонного (летучего) водорода при комнатных температурах. Достаточно полный обзор таких кооперативных эффектов металл-водородного взаимодействия приведен в монографии [9].

Представленный в данной обзорной статье экспериментальный и аналитический материал является оригинальным. Впервые гиперподвижность водорода при нестационарной диффузии в металлах и сплавах использована для выявления склонности материала к хрупкому разрушению, что является новым подходом к изучению свойств систем металл-водород, и позволило выяснить физическую природу ВХ стали. Термодинамический анализ неравновесной системы металл-водород позволил сформулировать феноменологический синергетический закон водородной повреждаемости. Получено экспериментальное обоснование синергетического закона и параметра повреждаемости. Впервые использовались методики, позволяющие, независимо от исходной прочности и пластичности материала, определять сопротивление разрыву и сопоставлять его с концентрацией водорода в зоне разрыва; при этом разграничить состояние водорода: летучий (диффузионно-подвижный) или молизованный (связанный). Показано, что снижение сопротивлению отрыву $\Delta S/S$ (уровень повреждаемости) стали возрастает пропорционально увеличению концентрации летучего водорода. Это позволило определить ω – параметр водородной повреждаемости, который характеризует склонность стали к ВХ и зависит от свойств материала. Показано, что при ВХ нарушается принцип аддитивности и проявляется синергизм влияния локальных свойств матрицы и фугитивности водорода. Синергетический закон ВХ позволил выяснить смысл критической концентрации водорода и его активности, а также предложить методы их определения. Показано, что критическая концентрация C_* и критическая активность a_* водорода являются термодинамическим эквивалентом структурного параметра водородостойкости $W = \omega^{-1}$ и могут быть рассчитаны через концентрацию C летучего решеточного, или связанного молекулярного водорода. Закон водородной повреждаемости сопоставлен с выводами известных теорий и моделей ВХ. Обработка литературных данных подтвердила уравнение закона.

2 Феноменологический закон водородной повреждаемости и его экспериментальное обоснование

Поскольку диффузионная подвижность водорода в железе при комнатной температуре на 12-13 порядков выше подвижностей других примесей внедрения, таких как углерод, азот, кислород и др. [10-13], диффузионный водород можно представить как неидеальный решетчатый газ. Используя модель решетчатого газа (РГ) [14] и термодинамический подход к системе металл-водород [15] получено уравнение:

$$\frac{\Delta S/S}{\Gamma(a)} = \omega = \text{const.} \quad (1),$$

которое выражает термодинамический закон ВХ: изменение когезионной прочности (прочности на отрыв) $\Delta S/S$ металла, отнесенное к величине большого потенциала внедренного водорода $\Gamma(a)$, определяет вероятность водородного охрупчивания и является структурным параметром ω металлической системы, отражающим ее повреждаемость водородом.

Поскольку потенциал $\Gamma(a)$ в общем виде представляется степенным рядом активности a водорода (первый член ряда – единица), величина ω численно равна изменению когезионной прочности ($\Delta S/S$) предельно разбавленного (назовем стандартного) раствора водорода в металле, когда потенциал $\Gamma(a) \rightarrow 1$, т. е. активность a за счет концентрации водорода стремится к нулю [15].

Критериальное уравнение (1) водородостойкости металлов и сплавов получило в дальнейшем экспериментальное подтверждение в работах [16-20] при исследовании кинетики развития повреждаемости стали в процессе наводороживания. Кинетический подход позволил обнаружить при комнатной температуре (25 °С) при различных видах испытаний (от растяжения до сжатия) наводороженных образцов трехстадийное изменение сопротивления отрыву (сдвигу) по схеме (рис. 1): разупрочнение (обратимая потеря прочности в начальный момент) – последующее упрочнение – разупрочнение (необратимое снижение прочности). Три стадии действия водорода на сталь могут свидетельствовать о прохождении водородом трёх состояний в железной матрице по мере её насыщения.

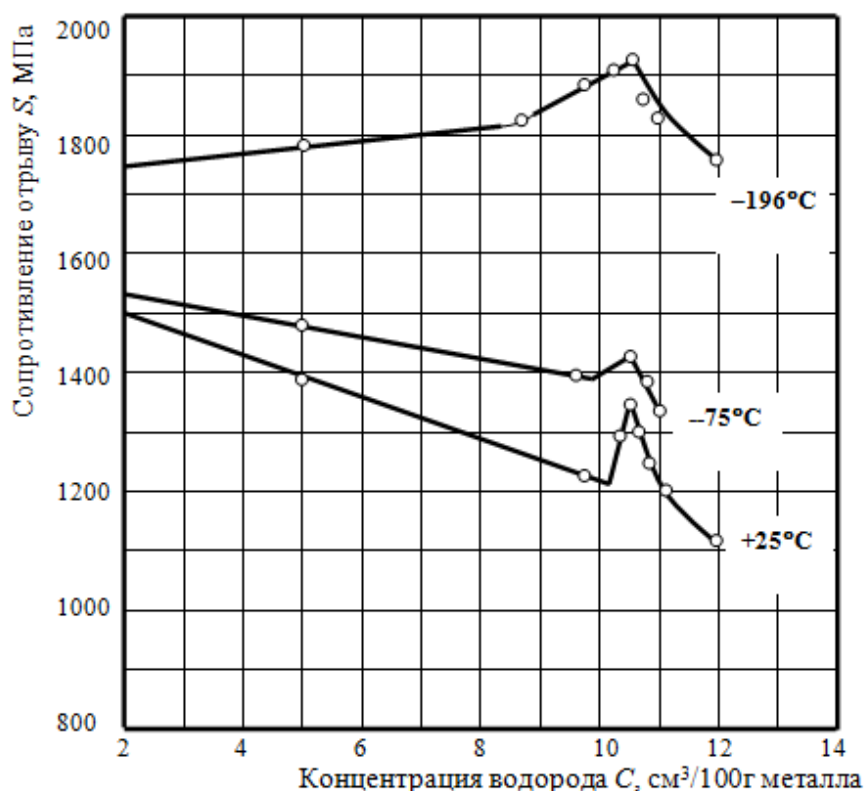


Рис. 1 – Характерная концентрационная зависимость сопротивления хрупкому разрушению наводороженной стали 18Х1Г1МФ при различных температурах испытания [18]

Было сделано предположение, что стадийность кинетики ВХ обусловлена кинетическими превращениями абсорбированного водорода. С целью проверки данного предположения изучали кинетику превращений абсорбированного водорода из состояния диффузионно-подвижного в молизированный в процессе наводороживания. Кинетику развития ВХ сопоставляли с кинетикой наводороживания. При этом впервые были использованы методики [20], позволяющие, независимо от исходной прочности и пластичности материала, определять сопротивление разрыву и сопоставлять его с концентрацией водорода в зоне разрыва; при этом разграничить состояние водорода: диффузионно-подвижный или молизированный. Общую концентрацию абсорбированного и концентрацию связанного ловушками (остаточного после эффузии) водорода в металле определяли методами вакуум-плавления и газовой хроматографии. Стойкость стали против ВХ резко снижается с увеличением концентрации диффузионно-подвижного (летучего) водорода оценивали как разницу между абсорбированным и связанным водородом и качественно сопоставляли с результатами эвдиометрического анализа. Концентрацию водорода в зоне разрушения оценили благодаря установленному нами ранее размерному эффекту электрохимического проникновения водорода в цилиндрические образцы [21].

В результате проведенных кинетических исследований впервые были получены зависимости сопротивления микросколу от концентрации диффузионно-подвижного и молизированного водорода в зоне микроскола. Зависимости подтвердили, что стадийность кинетики развития повреждаемости металла в процессе наводороживания обусловлена кинетическими превращениями абсорбированного водорода. Стойкость стали против ВХ резко снижается с увеличением концентрации диффузионно-подвижного (протонного) водорода на стадии нестационарной диффузии. Эта стадия является обратимой в том смысле, что выдержка образцов при комнатной температуре приводит к эффузии водорода и восстановлению свойств. На второй стадии прочность заметно восстанавливается, что связано с уменьшением концентрации протонного водорода в связи с переходом его из высокоподвижного в связанное дефектами структуры состояние. Последняя стадия необратима и обусловлена развитием коллекторов молекулярного водорода. По мере увеличения концентрации молизированного водорода происходит снова понижение прочности. Стадийность изменения сопротивления отрыву с учетом состояний водорода подтверждает и объясняет известное разделение ВХ на обратимую и необратимую влиянием диффузионно-подвижного и связанного водорода соответственно.

В дальнейшем в качестве уровня повреждаемости использовали соотношение: $\frac{S - S_H}{S} = \frac{\Delta S}{S}$, где S и S_H – сопротивление отрыву исходного и наводороженного материала соответственно.

На рис. 2 в качестве примера представлены зависимости уровня повреждаемости $\Delta S/S$ стали 18ХГМФ от концентрации всего абсорбированного водорода при различных режимах наводороживания [20]. Видно, что $\Delta S/S$ зависит не только от концентрации всего абсорбированного водорода, его состояния в металле, но и от режима наводороживания.

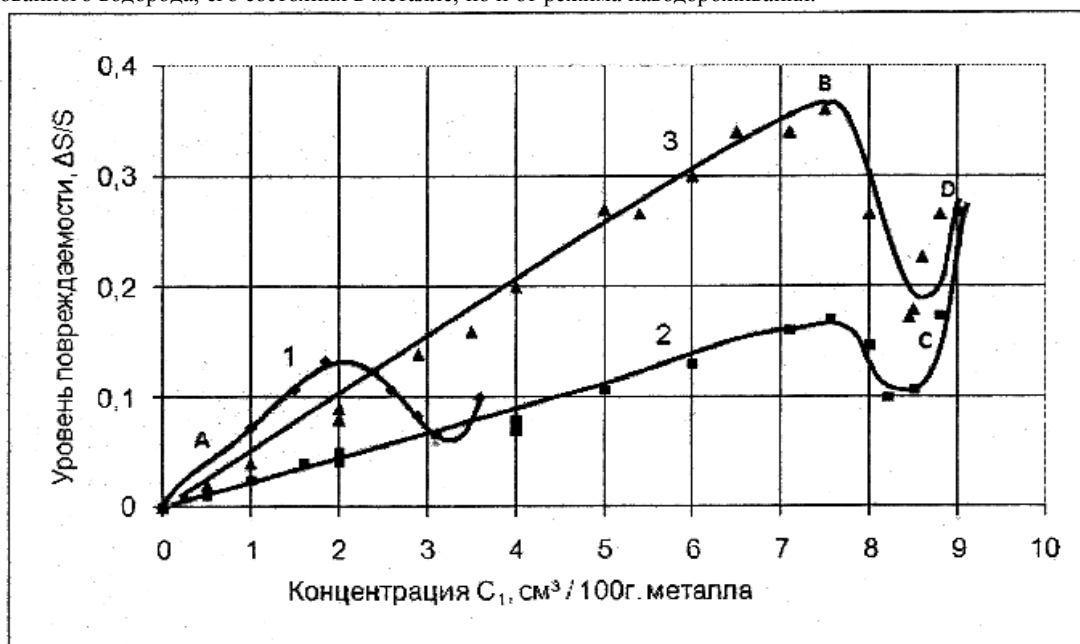


Рис. 2 – Зависимость уровня повреждаемости стали 18ХГМФ от общей концентрации абсорбированного водорода: цифрами 1-3 отмечены режимы наводороживания; АВ – участок обратимой ВХ, СД – участок необратимой ВХ [20]

На рис. 3 представлены результаты влияния на уровень повреждаемости $\Delta S/S$ стали концентрации диффузионно-подвижного (летучего) водорода [20]. Результаты оформлены в виде эмпирических линий регрессионных зависимостей. Там же указаны значения коэффициентов корреляции r и дисперсия σ функций $\Delta S/S$ вокруг эмпирических линий регрессии.

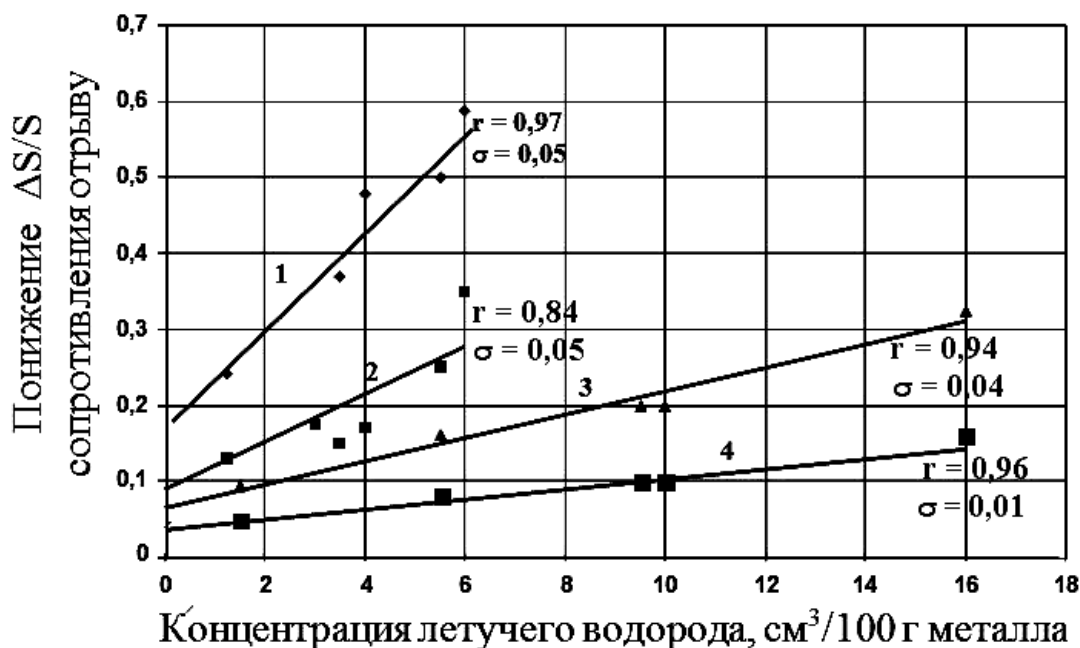


Рис. 3 – Влияние концентрации летучего (диффузионно-подвижного) водорода на понижение $\Delta S/S$ сопротивления отрыву: 1,2 – стали 18ХГМФ; 3,4 – сталь 20; 1,3 – испытания в наводороживающей среде; 2,4 – испытания на воздухе [20].

Из рис. 3 видно, что независимо от режима наводороживания снижение сопротивления отрыву стали $\Delta S/S$ возрастает пропорционально увеличению концентрации диффузионно-подвижного (летучего) водорода. Величина ω находится экстраполяцией графиков $\Delta S/S$ на нулевую концентрацию летучего водорода (рис. 3), названа параметром водородной повреждаемости, и является откликом стали на «посещение» летучего водорода. При сравнении рис. 2 и рис. 3 видно, что концентрация всего абсорбированного водорода на рис. 2 по-разному влияет на повреждаемость $\Delta S/S$ стали при обратимой ВХ (участки АВ на графиках 1-3), в то время как зависимость $\Delta S/S$ от концентрации летучего водорода на рис. 3 линейна и выражается следующим уравнением повреждаемости:

$$\frac{\Delta S}{S} = \omega + BC_3 = \omega (1 + aC_3) = \omega \cdot f(C_3) \quad (2)$$

Параметр ω в уравнении (2) зависит от свойств материала и условий испытания на отрыв (в электролите или на воздухе) и не зависит от режимов наводороживания. Из выражения (2) следует, что ВХ стали – эффект не аддитивный, а синергетический, зависит от произведения свойств матрицы (параметр ω) и фазы внедрения (функция $f(C_3)$).

Сравнивая феноменологическое уравнение синергетического закона повреждаемости (1) с эмпирическим уравнением (2), видим, что они идентичны. В уравнении (1) величина ω численно равна изменению когезионной прочности ($\Delta S^0/S$) предельно разбавленного раствора водорода в металле, когда потенциал $\Gamma(a) \rightarrow 1$, т. е. активность a за счет концентрации C водорода стремится к нулю.

Таким образом, эмпирические зависимости понижения сопротивления отрыву $\Delta S/S$ от концентрации диффузионно-подвижного водорода (рис. 3), которые описываются уравнением (2) являются экспериментальным обоснованием феноменологического синергетического закона повреждаемости (1).

3. Определение критической концентрации и активности водорода через параметр водородной повреждаемости

Введенное Трояно понятие о критической концентрации водорода служит основой практически любой современной теории ВХ [22]. Недостатком исследований ВХ является то, что количественно величина критической концентрации C_* водорода не определена и остается гипотетическим или подгоночным параметром. Предельная концентрация водорода, выше которой в металле возникают трещины, зависит от эффективной летучести (активности или фугитивности) водорода и чистоты железа [23,24]. Известно, что максимально ВХ проявляется при внедрении первых порций активного диффузионно-подвижного водорода [25]. Энергия активации $E_{акт}$ диффузии такого водорода близка к $E_{акт}$ высокотемпературной диффузии и составляет $E_{акт} \approx 12,6 \text{ кДж/моль}$, которая почти в 3 раза ниже энергии активации диффузии водорода, связанного ловушками ($E_{акт} \sim 37 \div 42 \text{ кДж/моль}$) [26,27].

Ниже проанализированы основные результаты, вытекающие из зависимостей хрупкой прочности S стали от концентрации летучего C_1 и связанного C_2 абсорбированного водорода.

Как уже отмечалось, уравнение (1) определяется прочностью наводороженного металла и может быть представлено в виде:

$$\frac{\Delta S}{S} = \omega \Gamma(a) \quad (3)$$

Условие предельного равновесия наводороженного металла достигается при $\Delta S/S \rightarrow 1$, что означает разрыв (декогезию) металла водородом. При этом из уравнения (3) следует определение критического потенциала (активности a^* или концентрации C_*) водорода в металле $\Gamma(a^*)$ как термодинамического эквивалента структурного параметра водородостойкости W :

$$\Gamma(a^*) = \frac{1}{\omega} = W \quad (4)$$

Согласно [28], коэффициент водородной декогезии (потери хрупкой прочности) $\beta_1 = \Delta S/S$ при обратимой ВХ описывается уравнением:

$$\beta_1 = \omega \exp(\gamma \cdot C_1)^{0,5} = \omega \exp a_1^{0,5} = \exp(a_1^{0,5} - a_{1*}^{0,5}) \quad (5)$$

В случае необратимой ВХ

$$\beta_2 = \omega (\gamma \cdot C_2)^{0,5} = a_2^{0,5} \exp(-a_{1*}^{0,5}) \quad (6)$$

где γ – коэффициент активности летучего водорода в металле;

a_{1*} и a_{2*} – критическая активность летучего (решеточного) водорода и остаточного (молекулярного) водорода в металле соответственно;

$C_{1*} = a_{1*}/\gamma$ и $C_{2*} = a_{2*}/\gamma$ – критическая концентрация летучего и остаточного водорода в металле соответственно.

Из уравнения (5) при $\beta_1 \rightarrow 1$, что означает разрыв поликристалла водородом, следует параметрическое уравнение – условие декогезии наводороженного металла при обратимой ВХ:

$$W = 1/\omega = \exp(\gamma \cdot C_{1*})^{0,5} \quad (7)$$

По уравнению (7), можно рассчитать критическую концентрацию летучего водорода в данном сплаве. Как видно из уравнений (5) и (6), критическая активность (концентрация) летучего водорода является пределом насыщения стали при обратимой ВХ и определяет интенсивность растрескивания (чувствительность к трещине) при необратимой ВХ. Из выражения (7) следует, что параметр ω имеет смысл вероятности декогезии стали при ВХ.

Из уравнения (6) при $\beta_2 \rightarrow 1$ можно получить условие декогезии при необратимой ВХ:

$$W = 1/\omega = a_{2*}^{0,5} \quad (8)$$

где a_{2*} – критическое давление (активность) молекулярного водорода, необходимое для продвижения микротрещины. Из формулы (8) видно, что показатель водородостойкости стали W равен критическому давлению (активности) молекулярного водорода в трещинах.

Соотношение между критической активностью летучего и молекулярного водорода в металле следует из выражений (7) и (8)

$$a_{2*} = \exp 2a_{1*}^{0,5} \quad (9)$$

Аналитическое выражение потенциала $\Gamma(a)$ известно для идеального решеточного газа (РГ) [14]:

$$\Gamma(a) = \ln(1 - \rho) \approx \rho \approx C$$

где ρ – плотность распределения РГ по узлам решетки (концентрация C).

Критерий водородочувствительности (1) в модели идеального РГ примет вид:

$$\omega = \frac{\Delta S/S}{\Delta \rho},$$

т. е. будет определяться отношением изменения когезионной прочности к соответствующей концентрации водорода.

Модель РГ позволяет оценить коэффициент относительной активности γ водорода в металле. Для этого нужно сопоставить парциальное давление P_H решеточного и континуального P_{H2} водорода

$$a = \frac{P_H}{P_{H2}} = \gamma \rho \quad (10)$$

Если использовать уравнение Клапейрона-Менделеева для континуального водорода и уравнение состояния идеального РГ [14,29]:

$$P_H V_H = -RT \ln(1 - \rho) \approx RT \rho$$

то из выражения (10) получается, что коэффициент относительной активности водорода равен:

$$\gamma = \frac{V_{H2}}{2 V_H} \quad (11)$$

Здесь знаменатель увеличен вдвое, чтобы учесть диссоциацию молекулы при переходе водорода из континуального в решеточный газ. При подстановке значений $V_{H2} = 22400 \text{ см}^3/\text{моль}$ и для водорода в железе $V_H = 2 \text{ см}^3/\text{г-ат}$ [30] в формулу (11) получаем значение коэффициента относительной активности водорода $\gamma = 5600$ для системы сталь-водород. Выражение (11) в размерности $[\text{см}^3/100 \text{ г}]^{-1}$ имеет вид:

$$\gamma = \frac{100A}{V_{H2}},$$

где A – атомный вес металла.

Экспериментальная проверка уравнений (1), (5-6) и (11) выполнялась в работах [31,32]. Величина S (прочность на отрыв) оценивалась по разрывной прочности образцов с надрезом [33]. Изменение $\Delta S / S$ при обратимом и необратимом водородном охрупчивании (ВО) было сопоставлено соответственно с концентрациями летучего C_1 , и молекулярного C_2 водорода. По экспериментальным зависимостям определили значение $\gamma \approx 0,25 \text{ (см}^3/100\text{г)}^{-1}$, или $\gamma \approx 5000$ при пересчете на атомную (мольную) концентрацию.

Явный вид термодинамического потенциала подвижного водорода в стали, согласно [32], представляется экспонентой

$$G(a_1) = \exp(4700 C_1)^{0.5} \quad (12)$$

где $\gamma_1 = 4700$ с дисперсией 300.

Потенциал малоподвижного водорода в стали равен

$$G(a_2) = (5500 C_2)^{0.5} \quad (13)$$

где $\gamma_2 = 5500$ с дисперсией 800.

Как видно, расчетное значение $\gamma = 5600$ по формуле (11) находится в доверительном интервале экспериментально наблюдаемых значений.

Критическая концентрация (активность) водорода в стали может быть рассчитана для подвижного и малоподвижного водорода из уравнений (12), (4) и (13), (4) соответственно.

Для диффузионно-подвижного водорода:

$$a_1^* = \gamma_1 C_1^* = (\ell n \omega)^{-2} \quad (14)$$

Для малоподвижного водорода:

$$a_2^* = \gamma_2 C_2^* = (\omega)^{-2} \quad (15)$$

Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных результатов подтвердил закон ВО (1) и критерий водородочувствительности ω стали. В табл. 1 приведены экспериментальные характеристики ω , C_1^* , S , полученные по методике [31,32] и уравнениям (3), (12-15) для некоторых марок стали. Видно, что значения критической концентрации для диффузионно-подвижного водорода в стали C_1^* по порядку величины совпадают с известными оценками [27].

Таким образом, стойкость стали против обратимой или необратимой ВХ определяется одним структурным параметром – водородостойкостью: $W = 1/\omega$. Критическая концентрация C^* и критическая активность a^* водорода являются термодинамическим эквивалентом структурного параметра водородостойкости W и могут быть выражены или через концентрацию C летучего решеточного, или связанного молекулярного водорода. Отметим, что водородостойкость W или обратная ей величина – вероятность декогезии ω , как это следует из уравнений (3) и (5-6), равны отношению "текущих" значений потери хрупкой прочности $\Delta S/S$ и соответствующих активностей a водорода. Эти отношения обладают свойством постоянства для каждой структуры стали, т. е. при оценке стали необходимо сопоставить действие и его результат. Выбор деформационных показателей взамен силовых, видимо, не играет роли. К такому пониманию критерия склонности стали к ВХ близко подошел автор работы [34]. Им предложено критической считать концентрацию водорода, при которой свойства стали становятся квазипостоянными. Все имеющиеся способы оценки стали на склонность к ВХ учитывают или концентрации водорода, или изменения свойств материалов.

Табл. 1 – Режимы термообработки, характеристики прочности, водородоповреждаемости и критической концентрации стали

Марка стали, обработка	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	S , МПа	ω	C_1^* , см ³ /100г мет.
Сталь 20, нормализация 910 °С	430	300	960	0,05	36
X46, контролируемая прокатка	540	380	1150	0,028	51
30ХМА, закалка 880 °С, отпуск 580 °С	800	670	1630	0,026	53
18Х1Г1МФ, нормализация 1040 °С, отпуск 740 °С	850	650	1500	0,18	12
30ХМА, закалка 880 °С, отпуск 400 °С	1100	870	2200	0,3	6

4 Синергетический закон в связи с результатами известных теорий водородной хрупкости.

В работе [35] закон водородной повреждаемости сопоставлен с выводами известных теорий и моделей ВХ. На рис. 4 показаны известные из литературы [31,36-40] экспериментальные данные по ВХ конструкционной стали.

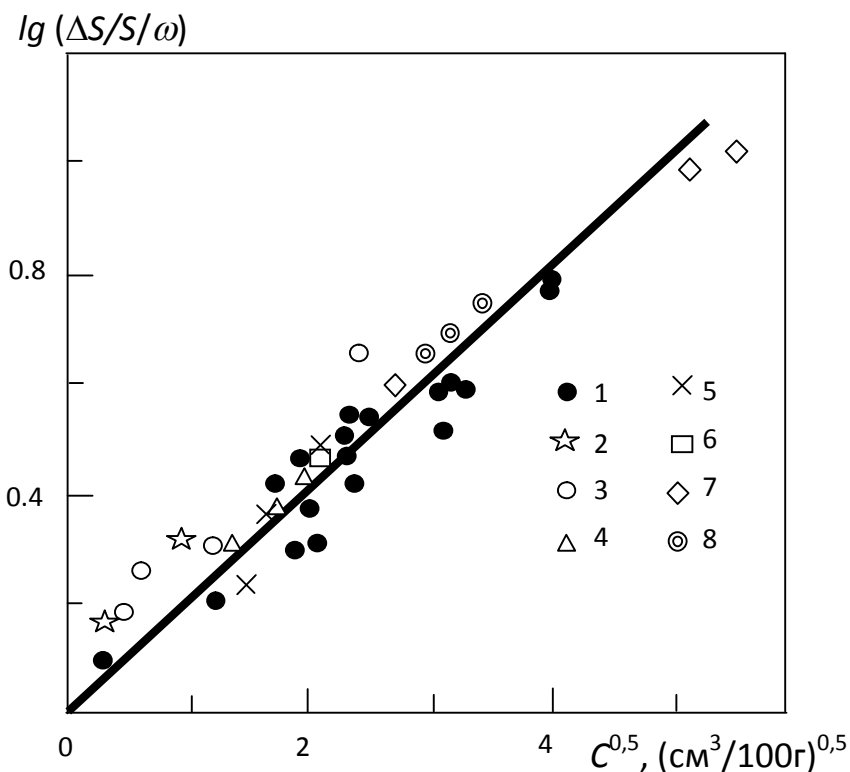


Рис. 4 – Закон водородной повреждаемости стали диффузионно-подвижным водородом (сплошная линия) и экспериментальные данные по ВХ различных марок стали (температура комнатная) [35]:

1 – сталь 20 и 18Х1Г1МФ [31]; 2 – низкоуглеродистая сталь Si-Mn-Cr [38]; 3 – сталь СМЗ [38]; 4 – высокопрочная сталь AISI4340 [40]; 5 – НТ80, закалка [36]; 6 – железо техническое [36]; 7 – сталь низкоуглеродистая [37]; 8 – феррит с 10 % никеля [39]

Эти результаты, полученные как при газовом, так и при электрохимическом наводороживании, были обработаны с использованием синергетического закона для диффузионно-подвижного водорода [31]:

$$\frac{\Delta S}{S} = \omega \cdot \exp(0,25 C)^{0,5} \quad (16)$$

В табл. 2 приведены рассчитанные значения параметра водородной повреждаемости ω и критической концентрации C_* по экспериментальным результатам различных исследований [31,36-40]. Как видно, обработка литературных данных подтвердила уравнение (16). Стали, сходные по структуре и прочности, имеют практически одинаковые значения. Оценки C_* близки к экспериментальным значениям [41]. Характерно, что расчет Ориани [40] для высокопрочной стали предсказывал значение $C_* = 200-400 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, что противоречило эксперименту [41]. Обработка результатов Ориани по уравнению (16) дает значения концентрации $C = 2-4 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, критической концентрации $C_* = 6 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, которые согласуются с опытными данными работы [41].

Обратимся к моделям ВХ [42-44]. Большинство расчетов ВХ стали основываются на признании ведущей роли или химического потенциала водорода в металле (теория декогезии), или адсорбционного понижения поверхностной энергии. С термодинамической точки зрения концепции декогезии и адсорбции эквивалентны.

Р. Томсон использовал адсорбционную модель ВХ, учел неоднородность деформации и упрочнение металла в устье трещины [43]. Из условия термодинамического равновесия системы трещина – водород им получено уравнение, хорошо описавшее опыты Ориани и др. Уравнение Томсона [43] можно представить в следующем виде:

$$\frac{\Delta K_I / K_{I1}}{\ln(P/kT)} = \frac{kT}{2a^2\gamma} \left(\frac{1+2n}{6n} \right) \left(1 + \frac{2E}{\Delta\mu_H} \right) = \omega \sim \xi \cdot n^{-1} \quad (17)$$

где n – показатель деформационного упрочнения;

K_I – коэффициент интенсивности напряжений;

$a = 2,48 \text{ \AA}$ – период решетки железа;

$\gamma = 1,975 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2}$ – поверхностная энергия;

$T = 294 \text{ К}$;

E – энергия связи адсорбированных атомов на поверхности;

$1 + \frac{2E}{\Delta\mu_H} = \xi$ – характеристика адсорбционного взаимодействия.

Табл. 2 – Рассчитанные значения параметра водородной повреждаемости ω и критической концентрации C_* по экспериментальным результатам различных исследований [35]

Марка стали, термообработка	Условия наводороживания	$\sigma_{0,2}$ МПа	S , МПа	ω	C_* , $\text{см}^3/100\text{г}$.	Источн ик
Сталь 20, нормализация	H_2S , электролит, pH 0,6-4,3	300	960	0,05	36	[31]

Низкоуглеродистая сталь	То же, pH 1-6	-	600	0,025	54	[37]
X46, контролируемая прокатка	То же, pH 0,6-3,5	380	1150	0,028	51	[31]
30ХМА, улучшение	То же, pH 0,6	670	1630	0,026	53	[31]
18Х1Г1МФ, отпуск 740°C	То же, pH 0,6-4,3	650	1500	0,18	12	[31]
Низкоуглеродистая сталь Si-Mn-Cr	Электрохимическое	-	-	0,20	10	[38]
HT80, закалка в воде	Газовое при 900°C, 1атм	-	2100	0,14	15	[36]
Сталь CM3	Растворы: H ₂ S (насыщ.), HCl 0,1N, 3% NaCl, H ₂ SO ₄ (pH 5)	-	-	0,15	14	[38]
Железо техническое, охлаждение с 900°C в воде	Газовое при 900°C, 1атм	-	-	0,16	13	[36]
Феррит с 10% Ni, отжиг	Катодное в 4%-ной H ₂ SO ₄ со стимуляторами	-	-	0,15	14	[39]
AISI 4340, закалка, низкий отпуск	Водород при ≤1 атм, 25°C	1720	66*	0,30	6	[40]
30ХМА, закалка, низкий отпуск	H ₂ S-HCl, электролит pH 0,6	870	2200	0,30	6	[31]
Сталь 20, субструктурное упрочнение	То же	350	1050	0,015	70	[31]

*K_{IC}, МПа·м^{1/2}

Соотношение (17) выражает синергетический закон водородной повреждаемости (1), поскольку выражение

$$kT \cdot \ln \frac{P}{kT} = \Delta \mu_H$$

представляет собой приращение химического потенциала внешнего водорода. Согласно уравнению (17) повреждаемость ω возрастает с увеличением энергии адсорбции ξ водорода и уменьшается с ростом способности металла к упрочнению n . Поскольку типичные значения $n = 0,1 - 0,3$, то для пластичных сталей, если пренебречь адсорбцией, уравнение (17) предсказывает значения параметра водородной повреждаемости $\omega = 0,01 - 0,03$. Для высокопрочных сталей основной вклад в повреждаемость будет вносить коэффициент адсорбционного взаимодействия ξ . При физической адсорбции водорода на железе энергия связи $E = 12 - 20$ кДж/моль [42], если принять давление внешнего водорода $\sim 10^{-2}$ атм. (опыты Ориани [40]), то из выражения (17) имеем значение параметра водородной повреждаемости $\omega = 0,03 - 0,07$. В случае же хемосорбции энергия связи $E = 50 - 95$ кДж/моль [42] значения ω будут $0,2 - 0,4$.

Из табл. 2 литературных данных видно, что оценки параметра водородоповреждаемости ω , полученные на основе адсорбционно-деформационной модели Томсона по уравнению (17) по порядку величины совпадают с экспериментальными данными табл. 1 и пригодны для качественного описания ВХ и пластичных и высокопрочных сталей.

Модели декогезии и адсорбции предназначены в основном для объяснения растрескивания высокопрочной стали. Для пластичной стали развиваются модели внутреннего давления и деформационной неустойчивости [42].

Модель декогезии и закон Сиверта выводили соотношение:

$$\frac{d \ln K_1}{d \ln P} = -0,5$$

В теории адсорбции это отношение изменяется от 0,05 до 0,4; по эксперименту Ориани – 0,42 [40, 43].

В работе [42] сделан анализ различных моделей ВХ, и автор приходит к выводу об отсутствии простого механизма влияния водорода на ухудшение свойств стали и необходимости наблюдений и расчетов событий, происходящих на кончике трещины, на атомном уровне. По мнению автора [35] адсорбционно-декогезионные теории ВХ для определения параметра водородной повреждаемости ω носят оценочный характер, хотя предлагают уравнения, которые выражают синергетический закон водородной повреждаемости.

Литература

1. Маричев, В.А. Связь критической концентрации водорода и критического коэффициента интенсивности напряжений при водородном охрупчивании / В.А. Маричев // Физ-хим. механика материалов. – 1984. – № 3. – С. 6-14.
2. Панасюк, В.В. Расчетная модель роста трещины в металлах при воздействии водорода / В.В. Панасюк, А.Е. Андрейкив, О.И. Обухивский // Физ-хим. механика материалов. – 1984. – Т. 20. – № 3. – С. 3-6.
3. Архангельская, Е.А. Связная модель замедленного разрушения повреждаемой среды / Е.А. Архангельская, В.В. Лепов, В.П. Ларионов // Физическая мезомеханика. – 2001. – Т. 4. – № 5. – С. 81-87.
4. Присевок, А.Ф. Механизм водородного изнашивания металлов и сплавов / А.Ф. Присевок // Вестник БГПА. – 2002. – № 3. – С. 23-25.
5. Баранов, В.П. Кинетика замедленного разрушения высокопрочных сталей в инертных и водородсодержащих средах / В.П. Баранов, Н.Н. Сергеев // Известия Тульск. гос. ун-та. – 2004. – № 4. – С. 3-19.
6. Швачко, В.И. Модель водородного охрупчивания конструкционных сталей / В.И. Швачко // Металлофизика и новые технологии. – 2001. – Т. 23. – № 11. – С. 1501-1512.
7. Гаврилюк, В.Г. Физические механизмы водородного охрупчивания сталей: тезисы докладов 14-х Петербургских чтений по проблемам прочности, посвященные 300-летию Санкт-Петербурга / В.Г. Гаврилюк, В.Н. Шиванюк. – СПб, 2003. – С. 110.
8. Нечаев, Ю.С. Роль гидридоподобных сегрегаций на дислокациях и границах зерен в замедленном разрушении сталей: сб. трудов 3 Междунар. конф. «Водородная обработка материалов-2001» / Ю.С. Нечаев, Г.А. Филлипов. – Донецк: типогр. «Норд Компьютер», 2001. – С. 284-286.
9. Шашкова, Л.В. Синергетические эффекты в неравновесных системах металл-водород / Л.В. Шашкова. – Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 105 с.
10. Гельд, П.В. Водород в металлах и сплавах / П.В. Гельд, Р.А. Рябов. – М.: Металлургия, 1974. – 272 с.
11. Фелькль, И. Диффузия водорода в металлах: сб. трудов «Водород в металлах» / И. Фелькль, Г. Алефельд. – М.: Мир, 1981. – Т. 1. – С. 379-408.

12. Лариков, Л.Н. Диффузия в металлах и сплавах: справочник / Л.Н. Лариков, В.И. Исаичев. – Киев: Наукова думка, 1987. – 512 с.
13. Диффузионно-кооперативные явления в системах металл-изотопы водорода: матер. 1-го междунар. семинара «Металл-водород – 92». – Донецк, 1992. – Ч. 1. – 124 с. – Ч. 2. – 50 с.
14. Шулепов, Ю.В. Решеточный газ / Ю.В. Шулепов, Е.В. Аксененко. – Киев: Наукова думка, 1981. – 168 с.
15. Савченков, Э.А. О водородостойкости конструкционной стали / Э.А. Савченков // Известия АН СССР. Металлы. – 1987. – № 1. – С. 93-99.
16. Шашкова, Л.В. Микродеформация и повреждаемость железа и стали, активируемые диффузией водорода: авт. дисс. канд. техн. наук: 05. 16. 01 / Л.В. Шашкова. – М.: МАСИ, 1992. – 18 с.
17. Разработка количественной теории водородной хрупкости, создание способов диагностики разрушения и повышения долговечности стали в коррозионно-активных средах / Отчёт по НИР; № гос. регистрации 01860056219; инв. № 02860104903; научный руководитель канд. техн. наук Савченков Э.А.; ответственный исполнитель канд. техн. наук Шашкова Л.В. – Оренбург: ОГУ, 2001. – 35 с.
18. Савченков, Э.А. Повреждаемость и оптимизация субструктурного состояния стали при нестационарной диффузии водорода / Э.А. Савченков, Л.В. Шашкова, В.К. Шашкова [и др.]; деп. в ВИНТИ. – 2000. – № 2319-ВОО. – 16 с.
19. Шашкова, Л.В. О состоянии водорода в металле и процессах упрочнения и разупрочнения: сб. трудов IV Междунар. школы «Физическое материаловедение» / Л.В. Шашкова. – Тольятти: ТГУ, 2009. – С. 41-44.
20. Айткулов, Р.Р. Кинетика водородного охрупчивания и эффективность субструктурного взрывного упрочнения стали: авт. дисс. канд. техн. наук: 05. 16. 01 / Р.Р. Айткулов. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 19 с.
21. Савченков, Э.А. Размерный эффект электрохимического проникновения водорода в стальные цилиндрические образцы / Э.А. Савченков, Л.В. Шашкова // Изв. РАН РФ. Металлы. – 1997. – № 3. – С. 169-174.
22. Маричев, В.А. Современные представления о водородном охрупчивании при замедленном разрушении / В.А. Маричев // Защита металлов. – 1980. – Т. 26. – № 5. – С. 531-543.
23. Oriani, R.A. Hydrogen embrittlement of steel / R.A. Oriani // Mat. Sci. – 1978. – V. 8. – P. 327-357.
24. Смяловски, М. Водородное охрупчивание железа и стали. Новые результаты и выводы: сб. трудов «Коррозия под напряжением и водородное охрупчивание» / М. Смяловски. – Дрезден: Ин-т физ. химии АН ГДР, 1975. – С. 18-47.
25. Колачев, Б.А. Водородная хрупкость металлов / Б.А. Колачев. – М.: Металлургия, 1985. – 216 с.
26. Гельд, П.В. Водород и несовершенства структуры металла / П.В. Гельд, Р.А. Рябов, Е.С. Кодес. – М.: Металлургия, 1979. – 221 с.
27. Мороз, Л.С. Водородная хрупкость металлов / Л.С. Мороз, Б.Б. Чечулин. – М.: Металлургия, 1967. – 256 с.
28. Савченков, Э.А. Критерии динамической и статической водородной хрупкости стали при электрохимических процессах / Э.А. Савченков // Деп. ВИНТИ, 1984. – № 6778 – 24 с.
29. Киттель, Ч. Статистическая термодинамика / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
30. Рачиньски, В. Расширение решетки железа, вызываемое катодным наводороживанием, и парциальный объем водорода в металле: сб. трудов «Коррозия под напряжением и водородное охрупчивание» / В. Рачиньски. – Дрезден: Ин-т физ. химии АН ГДР, 1975. – С. 85-91.
31. Савченков, Э.А. Водородостойкость и критические концентрации гидрирования конструкционной стали / Э.А. Савченков // Изв. АН СССР. Металлы. – 1986. – № 5. – С. 153-158.
32. Савченков, Э.А. Соппротивление конструкционной стали разрушению при наводороживании и сероводородном растрескивании / Э.А. Савченков // Митом. – 1985. – № 8. – С. 7-11.
33. Шашкова, Л.В. О методическом подходе к изучению кинетики водородного охрупчивания сталей / Л.В. Шашкова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2012. – Ч. 1. – № 5 (5). – С. 30-36.
34. Суворин, В. Я. Методы оценки и исследования влияния водорода на пластичность, прочность и хрупкое разрушение сварных соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей (применительно к условиям эксплуатации): авт. дисс. докт. техн. наук: 05. 16. 01 / В. Я. Суворин. – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1981. – 31 с.
35. Савченков, Э.А. О водородной повреждаемости конструкционной стали / Э.А. Савченков // Изв. АН СССР. Металлы. – 1989. – № 6. – С. 141-145.
36. Kikuta, V. Hydrogen – dislocation interaction and its parallelism with hydrogen embrittlement / V. Kikuta, K. Sugimoto, S. Ochiai // Trans. Iron Steel Inst. Jpn. – 1975. – V. 15. – P. 87-94.
37. Кавашима, А. Адсорбция водорода и водородное охрупчивание низкоуглеродистой стали в кислых растворах сероводорода / А. Кавашима // Нихон киндзоку гаккайси. – 1974. – № 11. – С. 1046-1050.
38. Ямакава, К. Примеры разрушения аппаратуры вследствие водородной хрупкости: пер. № А-31152 / К. Ямакава. – М.: ВЦП, 1977. – 23 с.
39. Shultz, A. Robertson W. Hydrogen absorbtion, embrittlement and stress corrosion cracking of steel / A. Shultz, W. Robertson // Corrosion. – 1957. – V. 13. – № 7. – P. 437-456.
40. Oriani, R.A. Equilibrium and kinetic studies of the hydrogen-assisted cracking of steel / R.A. Oriani, P.H. Josephic // Acta Met. – 1977. – V. 25. – № 9 – P. 979-988.
41. Van Leeuwen, H.P. Embrittlement by internal and by external hydrogen / H.P. Van Leeuwen // Corrosion. – 1975. – V. 31. – № 5 – P. 154-159.
42. Hirth, J.P. Effects of hydrogen on the properties of iron and steel / Hirth J.P. // Met. Trans. – 1980. – V. 11. – № 6. – P. 861-890.
43. Thomson, R.J. Brittle fracture in a ductile material with application to hydrogen embrittlement / R.J. Thomson // Mater. Sci. – 1978. – V. 13. – № 1. – P. 128-142.
44. Louthan, M.R. Strain localization and hydrogen embrittlement / M.R. Louthan // Scr. Met. – 1983. – V. 17. – P. 451-456.

Швецова Л.В.¹, Табачникова Т.В.²

¹Аспирант; ²кандидат технических наук, доцент, Альметьевский государственный нефтяной институт

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВИНТОВОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация

В статье решается вопрос минимизации потерь электрической энергии с учетом изменения уровня напряжения и обеспечения гарантированного пуска электропривода электротехнического комплекса добывающей скважины, оборудованной винтовой насосной установкой с поверхностным приводом и скважинным нагревателем, путем использования компенсирующей установки и автоматической стабилизации рационального уровня напряжения. Сформулированы решаемые задачи и предложены пути их решения.

Ключевые слова: электротехнический комплекс добывающей скважины, винтовая насосная установка с поверхностным приводом, компенсация реактивной мощности, скважинный нагреватель.

Shvetskova L.V.¹, Tabachnikova T.V.²

¹Postgraduate student; ²Candidate of Technical Sciences, Docent, Almet'yevsk State Oil Institute

ELECTRICAL ENERGY LOSS REDUCTION THROUGH APPLICATION OF OIL PRODUCTION TECHNOLOGY USING PROGRESSIVE CAVITY PUMPS

Abstract

The authors have considered the question of minimizing electric energy losses from changing voltage level when ensuring the start-up procedure of the electric drive in the electrotechnical system of a producing well, equipped with a surface drive progressive cavity pump and a downhole heater, using a compensating installation for automatic stabilization of rational voltage level. Current tasks have been defined and ways to complete them have been proposed.

Keywords: electrical power engineering systems, surface drive progressive cavity pump, reactive-power compensation, downhole heater.

При добыче нефти из малодебитной скважины с осложненными условиями применяются винтовые насосные установки с поверхностным приводом (ВНУ с ПП), которые по сравнению с насосами других типов обладают преимуществом при добыче жидкостей высокой вязкости с высоким содержанием механических примесей и повышенного газосодержания. Конструкция ВНУ с ПП отличается своей простотой, минимальными массогабаритными показателями привода, что приводит к повышению надежности рассматриваемой системы [1-3].

На основе вышеизложенного сформулированы задачи исследования режима работы электротехнического комплекса добывающей скважины (ЭКДС) с целью минимизации потерь электрической энергии с учетом изменения уровня напряжения и обеспечения гарантированного пуска электропривода.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: усовершенствована схема электроснабжения ЭКДС (рис.1) путем использования компенсирующей установки и скважинного нагревателя; получены аналитические зависимости, учитывающие параметры новых элементов комплекса и их связи; составлена система дифференциальных уравнений, которая приведена к форме Коши; скорректирован известный метод расчета динамических параметров комплекса и усовершенствована математическая модель по исследованию режима работы ЭКДС в установившихся и переходных процессах.

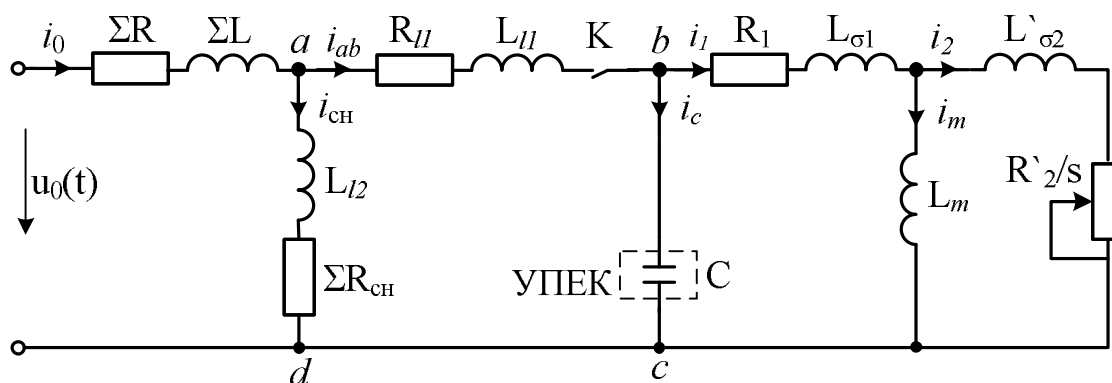


Рис. 1 – Схема замещения электротехнического комплекса добывающей скважины с винтовой насосной установкой с поверхностным приводом, компенсирующей установкой и скважинным нагревателем

На рисунке 1 приведенная схема замещения одной фазы ЭКДС включает в себя следующие элементы: ΣR , ΣL – суммарное активное и индуктивное сопротивления участка линии и силового трансформатора; $\Sigma R_{сн}$ – суммарное активное сопротивление скважинного нагревателя и питающего его кабеля; $L_{л1}$ – индуктивность линии l_1 ; C – электроёмкость конденсаторной установки индивидуальной компенсации реактивной мощности; R_1 , R'_2/s – активные сопротивления обмоток статора и ротора соответственно; L_m – взаимная индуктивность; $L_{\sigma1}$, $L'_{\sigma2}$ – индуктивности рассеяния обмоток статора и ротора соответственно.

По схеме замещения составлена система дифференциальных уравнений:

$$u_0 = i_0 \Sigma R + \Sigma L \frac{di_0}{dt} + L_{l2} \frac{di_{сн}}{dt} + i_{сн} \cdot \Sigma R_{сн}; \quad (1)$$

$$i_0 = i_{сн} + i_{ab}; \quad \frac{di_0}{dt} = \frac{di_{сн}}{dt} + \frac{di_{ab}}{dt}; \quad (2)$$

$$u_{ad} = u_0 - i_0 \cdot \Sigma R - \Sigma L \frac{di_0}{dt}; \quad (3)$$

$$u_{ab} = i_{ab} \cdot R_{l1} + L_{l1} \frac{di_{ab}}{dt}; \quad (4)$$

$$u_c = u_{bc} - i_c \cdot R_{l3}; \quad (5)$$

$$i_c = C \frac{du_c}{dt}; \quad (6)$$

$$u_{bc} = u_{ad} - u_{ab}; \quad (7)$$

$$i_1 = i_0 - i_{сн} - i_c = i_0 - \frac{di_{сн}}{dt} - C \frac{du_c}{dt}; \quad (8)$$

$$u_{bc} = i_1 \cdot R_1 + \frac{d\psi_1}{dt}; \quad (9)$$

$$0 = i_2 \cdot R_2 + \frac{d\psi_2}{dt}; \quad (10)$$

где u_0 – входное напряжение в ЭКДС; i_0 – входной ток ЭКДС; i_{cn} – ток скважинного нагревателя на участке ad ; i_{ab} – ток участка ab ; u_{bc} – напряжение на зажимах статора на участке bc ; i_c – ток через УПЕК (конденсатор C); u_c – напряжение на УПЕК; i_1 – ток статора, i_2 – ток ротора; ψ_1 , ψ_2 – потокоцепления обмоток статора и ротора соответственно.

После ряда математических преобразований система дифференциальных уравнений, представленная в комплексной форме, вращающейся с синхронной скоростью $\omega = \omega_0$ в системе координат x и y , дополненная уравнением движения и ступенчатой функцией напряжения приведена к нормальной форме Коши в системе относительных единиц. Решение полученной системы дифференциальных уравнений осуществляется известными численными методами (методом Эйлера и методом Рунге-Куты), которые дополняются аналитическими зависимостями, учитывающими новые элементы и их связи в системе электроснабжения ЭКДС, оборудованной винтовой насосной установкой с поверхностным приводом, компенсирующей установкой и скважинным нагревателем.

Извышеизложенного формулируется тема исследования «Минимизация электропотребления электротехнического комплекса добывающей скважины, оборудованной винтовой насосной установкой с поверхностным приводом» [2].

Литература

1. Нурбосынов Д.Н., Табачникова Т.В., Швецова Л.В., Нурбосынов Э.Д. Сравнительный анализ энергетических эксплуатационных параметров электротехнических комплексов добывающих скважин с различными видами насосных установок // Промышленная энергетика. – 2013. – №4. – С. 35-37.
2. Швецова Л.В. Обоснование темы исследования и постановка задач по снижению потерь электрической энергии в технологии добычи нефти // Ученые записки АГНИ. – 2013. – Т. XI, Ч. 1. – С. 243-246.
3. Табачникова Т.В., Швецова Л.В., Нурбосынов Э.Д. Снижение энергетических затрат в электротехническом комплексе добывающей скважины // Труды IX международной научно-практической конференции «Ашировские чтения». – 2012. – Т. I. – С. 108-112.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Соколов-Добрев Н.С.⁴, Шеховцов К.В.⁵

¹Доктор технических наук, доцент; ²доктор технических наук, профессор; ³кандидат технических наук, профессор, ⁴кандидат технических наук, доцент, ⁵аспирант; Волгоградский государственный технический университет

МЕТОД ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ И МЕСТ УСТАНОВКИ В СИЛОВУЮ ПЕРЕДАЧУ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Аннотация

В статье описан метод исследования изменения нагруженности участков силовой передачи тягово-транспортного средства при резонансных колебаниях в зависимости от степени демпфирования колебаний масс. Метод позволяет определять нагруженность каждого участка при заданном демпфировании колебаний каждой массы и наилучшее место установки демпфера для гашения колебаний с каждой из резонансных частот.

Ключевые слова: силовая передача, колебания, демпфирование.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Sokolov-Dobrev N.S.⁴, Shekhovtsov K.V.⁵

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor; ⁴Candidate of engineering science, docent; ⁵Post-graduate student; Volgograd State Technical University

METHOD OF CHOOSING THE PARAMETERS AND THE PLACE FOR INSTALLING TORSIONAL VIBRATION DAMPERS IN POWER TRANSMISSION

Abstract

The article describes the method of research for traction and transportation vehicle's power transmission sites loading change at resonant oscillations depending on the masses damping degree. The method allows to determine the loading of each site with a given damping of each mass, and the best place to install a damper for oscillations damping with each of the resonance frequencies.

Keywords: power train, vibrations, damping.

Как изменяется нагруженность каждого участка силовой цепи трактора при установке в данное место передачи демпфера с определенными параметрами демпфирования? В статье описана методика исследований [2, 3, 4] и программа [1, 2, 5, 6, 7, 8, 9], которая позволяет исследовать изменение динамической нагруженности участков силовой передачи во время резонансных колебаний ее масс с возможностью задания степени демпфирования этих колебаний. Исследование выполнено на базе динамической модели силовой передачи трактора Т-5 Волгоградского тракторного завода [3, 10], начальная и редуцированная схемы которой представлены на рис. 1.

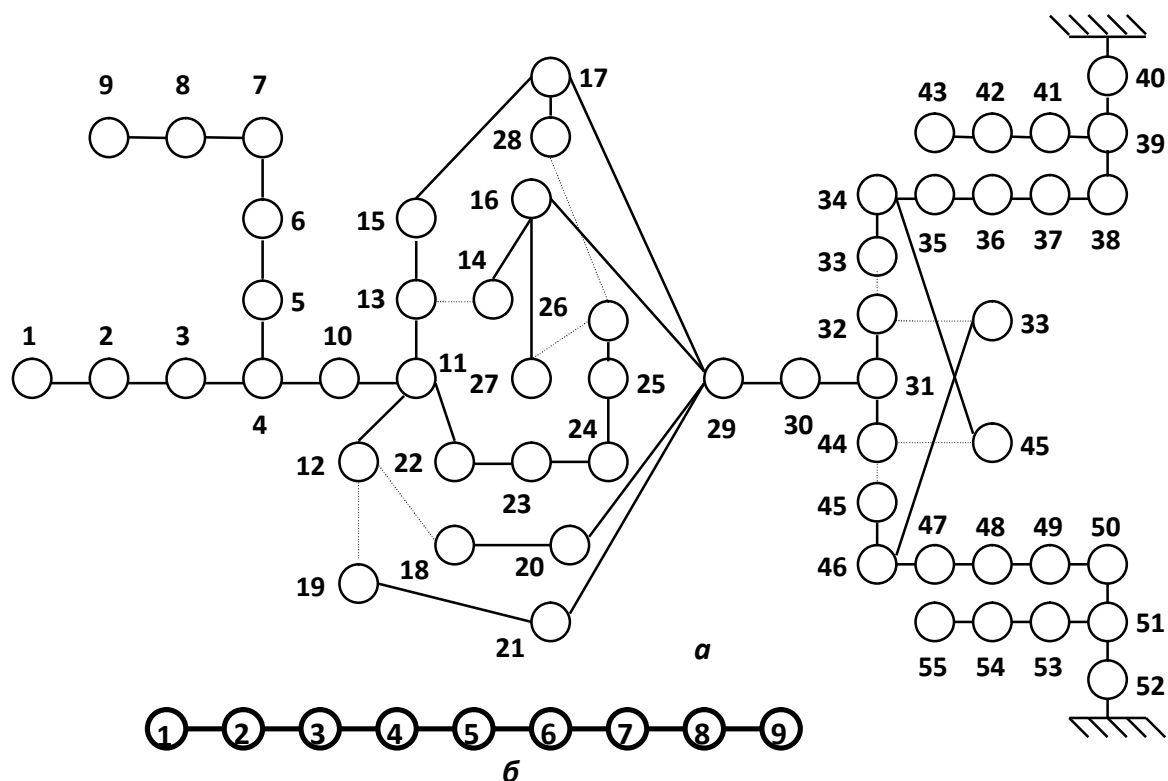


Рис. 1. Начальная *a* и редуцированная *б* динамические модели силовой передачи

В программе выполняется расчет параметров резонансных колебаний каждой из масс модели с первыми пятью собственными частотами при задании относительного коэффициента демпфирования колебаний каждой массы и задании места приложения возбуждающего момента. Для удобства обработки результатов колебания возбуждаются единичным моментом – равным 1 Н·м. При расчете параметров колебаний с первой собственной частотой на начальном этапе удобно задаться одинаковым значением относительного коэффициента демпфирования колебаний каждой массы, равном $\xi=0,01$, на втором – $\xi=0,1$, на третьем $\xi=0,2$, на четвертом $\xi=0,3$.

Исследованы колебания во время резонанса с пятью первыми собственными частотами модели – 3,4 Гц, 11,8 Гц, 24,1 Гц, 32 Гц и 65 Гц. Пример представления результатов исследований приведен на рис. 2.

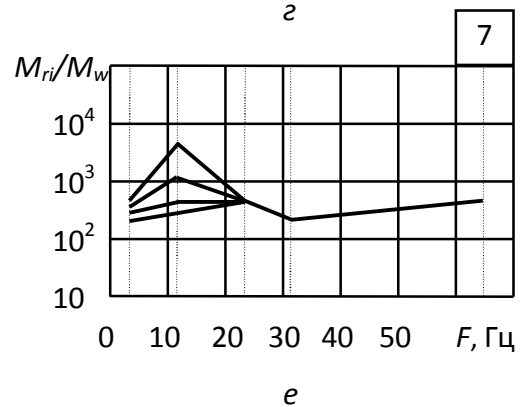
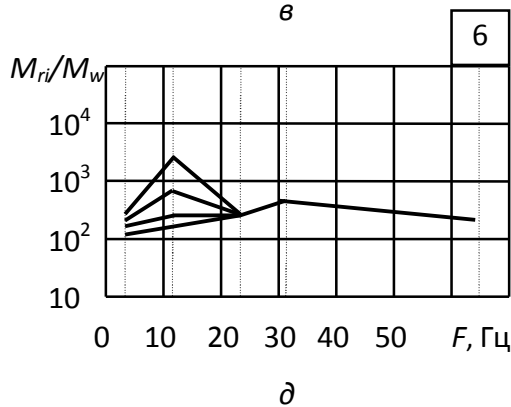
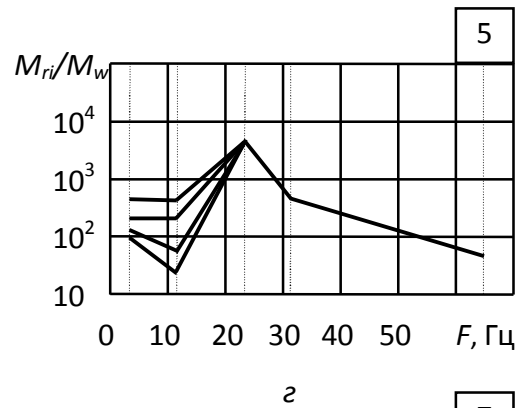
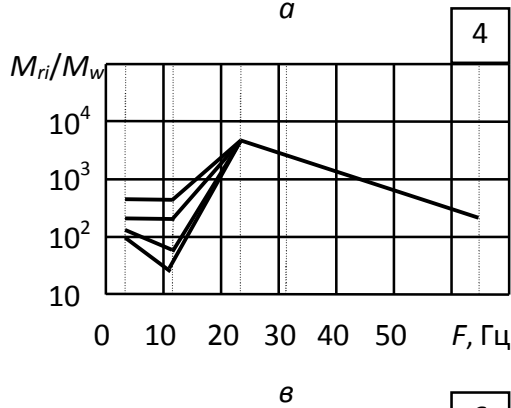
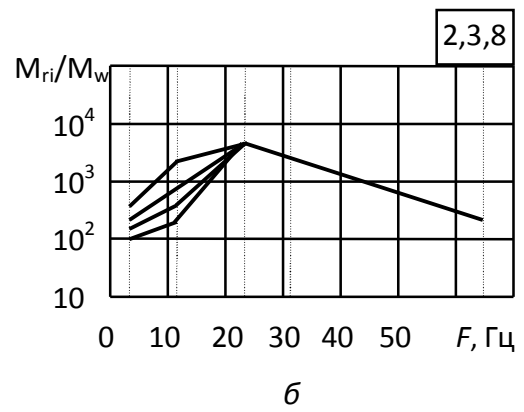
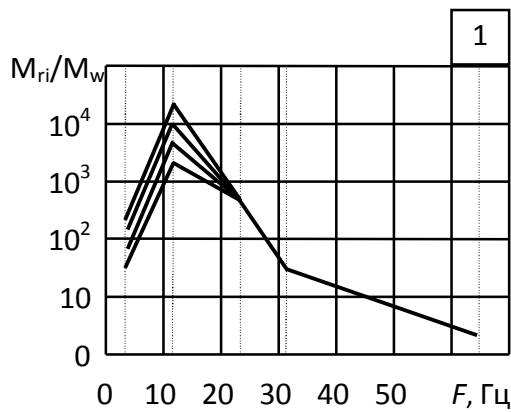


Рис. 2. Влияние изменения демпфирования колебаний 1-4 масс на нагруженность участков передачи

На шкале оси ординат показано отношение величины крутящего момента на участке к величине возбуждающего момента. Первая сверху ломаная линия на каждом рисунке показывает изменение величины этого момента при одинаковом для всех масс модели относительном коэффициенте демпфирования, равном $\xi=0,01$. Вторая – когда на первой массе относительный коэффициент демпфирования равен $\xi_1 = 0,1$, а на остальных массах $\xi = 0,01$. Третья – когда $\xi_1 = 0,2$, $\xi = 0,01$. Четвертая – когда $\xi_1 = 0,3$, $\xi = 0,01$ [2, 3, 4].

На следующем шаге расчетов виртуальный демпфер устанавливается на месте второй массы, далее – на месте третьей и т.д. В результате получены следующие результаты [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

1. Установка демпфера на месте 1-4 масс модели (двигатель – коробка передач) приводит к существенному гашению колебаний с первой и второй резонансными частотами. При увеличении ξ в 30 раз и колебаниях с первой резонансной частотой момент на всех участках уменьшается в 5-6 раз, со второй – в 10 раз.

2. Установка демпфера на месте 5-6 масс модели (механизм поворота) приводит к эффективному гашению колебаний в основном с частотами со второй по четвертую. На первом участке наиболее эффективно гасятся колебания со второй резонансной частотой – момент уменьшается в 8 раз, менее эффективно – с первой, третьей и четвертой частотами – момент уменьшается в 3-5 раз. На 2-4 участках наиболее эффективно гасятся колебания со второй, третьей и пятой частотами – момент уменьшается в 10 раз. На 5 участке наиболее эффективно гасятся колебания со второй, третьей и четвертой частотами – момент уменьшается в 10 раз, менее эффективно – с пятой частотой, момент уменьшается в 3 раза. На 6 участке наиболее эффективно гасятся колебания с частотами со второй по четвертую – момент уменьшается примерно в 10 раз. На 7 участке наблюдается похожая картина, за исключением того, что более эффективно гасятся колебания с пятой частотой – момент уменьшается в 4 раза. На 8 участке колебания с частотами со второй по четвертую гасятся так же, колебания с первой и пятой частотами практически не гасятся.

3. Установка демпфера на месте 7 массы модели (конечная передача) приводит:

- на 1 участке – к эффективному гашению колебаний только с третьей частотой (момент уменьшается в 10 раз);
- на 2-4 участках – к эффективному гашению колебаний со второй и третьей частотами (момент уменьшается в 10 раз) и к менее эффективному гашению колебаний с остальными резонансными частотами (момент уменьшается в 3-6 раз);
- на 5 участке – к эффективному гашению колебаний со второй и третьей частотами (момент уменьшается в 6-10 раз), менее эффективному – с первой и четвертой частотами (момент уменьшается в 3 раза) и к особо эффективному – колебаний с пятой частотой (момент уменьшается в 15 раз);
- на 6 участке – к эффективному гашению колебаний со второй и третьей частотами (момент уменьшается в 10 раз), менее эффективному – с первой и четвертой частотами (момент уменьшается в 5 раз) и к особо эффективному – колебаний с пятой собственной частотой (момент уменьшается в 15 раз);

– на 7 участке также эффективно гасятся колебания со второй и третьей собственными частотами (момент уменьшается в 10 раз), менее эффективно – с остальными резонансными частотами (момент уменьшается в 5-6 раз);

– на 8 участке эффективно гасятся колебания с третьей частотой (момент уменьшается в 10 раз), менее эффективно – со второй (момент уменьшается в 6 раз), первой и четвертой собственными частотами (момент уменьшается в 2-3 раза), особенно эффективно – пятой частотой (момент уменьшается в 18 раз).

4. Установка демпфера на месте 8 массы модели (ходовая часть) приводит:

– на 1 участке – к эффективному гашению колебаний с первой и четвертой частотами (момент уменьшается в 9 раз), менее эффективно – со второй и третьей частотами (момент уменьшается в 3-8 раз);

– на 2-4 участках – к эффективному гашению колебаний с первой по четвертую частотами (момент уменьшается в 8-10 раз);

– на 5 участке – к эффективному гашению колебаний с первой по четвертую частотами (момент уменьшается в 10 раз), менее эффективно – с пятой частотой (момент уменьшается в 5 раз);

– на 6 участке – к эффективному гашению колебаний с первой по четвертую частотами (момент уменьшается в 6-12 раз);

– на 7 участке – к особо эффективному гашению колебаний с четвертой частотой (момент уменьшается в 12 раз), менее эффективно – с первой и третьей частотами (момент уменьшается в 7 раз);

– на 8 участке – к эффективному гашению колебаний с третьей и четвертой частотами (момент уменьшается в 8-11 раз), менее эффективно – с первой частотой (момент уменьшается в 6 раз) и к мало эффективному – колебаний с остальными собственными частотами (момент уменьшается в 3 раза).

5. Установка демпфера на месте 9 массы модели (поступательно движущаяся масса трактора) приводит на всех участках только к гашению колебаний с первой частотой (момент уменьшается в 10-12 раз). На колебания с остальными частотами установка демпфера на месте этой массы не оказывает практического влияния.

Таким образом, колебания с первой собственной частотой лучше всего позволяет гасить демпфер, размещенный на участке двигатель-коробка передач (при относительном коэффициенте демпфирования 0,3 нагруженность участков уменьшается в 5-6 раз), а также на участке ходовая часть – поступательно движущаяся масса трактора (нагруженность снижается в 3-12 раз). Колебания со второй собственной частотой эффективно гасятся при установке демпфера на участке двигатель – коробка передач (нагруженность снижается в среднем в 10 раз), в механизме поворота и в конечной передаче (в 3-15 раз). Колебания с третьей, четвертой и пятой собственными частотами наиболее эффективно гасятся при установке демпфера на участке механизм поворота – ходовая часть (в 3-18 раз).

Литература

1. Шеховцов, В.В. Pakiet programów do badania dynamiki i sterowania właściwościami dynamicznymi układów napędowych / В.В. Шеховцов // Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych: V Międzynar. sympoz. – Warszawa, 1983. – С. 376-378.

2. Шеховцов, В.В. Разработка и исследование динамической модели силовой передачи перспективного гусеничного трактора ПО ВГТЗ / В.В. Шеховцов // Совершенствование конструкции и методов эксплуатации автомобильной и бронетанковой техники = IMPROVEMENT OF CONSTRUCTION... : матер. VI межд. симпоз. ин-та автом. и бронет. техн. / Воен.-техн. акад. – Варшава-Рыня, 1996. – Ч. 2. – С. 415-420.

3. Шеховцов, В.В. Sterowanie obciążeniem dynamicznym elementów układu napędowego za pomocą zmian tłumienia / В.В. Шеховцов // Pojazdy samochodowe. Problemy rozwoju, jakości, eksploatacji: Mater. VI Międzynarodowa konf. nauk.-tech. "Autoprogres'98". – Jachranka k/Warszawy, 1998. – Т. 1. – С. 180-189.

4. Шеховцов, В.В. Управление динамической нагруженностью элементов силовой передачи изменением демпфирования / В.В. Шеховцов // Pojazdy samochodowe. Problemy rozwoju, jakości, eksploatacji: Mater. VI Międzynarodowa konf. nauk.-tech. "Autoprogres'98". – Jachranka k/Warszawy, 1998. – Т. 1. – С. 190-192.

5. Шеховцов, В.В. Dynamic load control for elements of load-carrying transmission by the change of damping / В.В. Шеховцов // ARCHIWUM MOTORYZACJI = Архивы моторизации (Польша). – 1999. – № 4. – С. 233-243. – Англ.

6. Dynamic loading of power transmission of caterpillar transitional operating conditions / Е.И. Тескер, В.В. Шеховцов, С.В. Зленко, А.Е. Струльников // Inżynierska Mechanika '99: narodni konferencja z mezinar. ucasti, Svratka, 17-20 kveten. – Svratka, 1999. – С. 819-823.

7. Шеховцов, В.В. Dynamic load optimisation of caterpillar tractor powertrain / В.В. Шеховцов, М.В. Ляшенко // Archiwum Motoryzacji=The Archives of Automotive Engineering. – 2004. – № 4. – С. 553-564. – Англ.

8. Шеховцов, В.В. Optymalizacja dynamicznego obciążenia układu napędowego ciągnika WT-100 / В.В. Шеховцов, М.В. Ляшенко // Czasopismo Techniczne. Mechanika = Технический журнал. Механика (Польша). – 2004. – № 7. – С. 589-595. – Пол.

9. Шеховцов, В.В. Układ napędowy ciągnika WT-100. Optymalizacja obciążenia dynamicznego / В.В. Шеховцов, М.В. Ляшенко // Napędy i sterowanie = Приводы и управление (Польша). – 2004. – № 5. – С. 36-41. – Пол.

10. Model dynamiczny do badania procesów obciążenia elementów układu napędowego ciągnika gąsienicowego / З.А. Годжаев, W. Borkowski, Е. Сурко, Н.С. Соколов-Добрев, В.В. Шеховцов, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко // Napędy i sterowanie = Приводы и управление (Польша). – 2007. – № 5. – С. 99-108. – Пол.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Соколов-Добрев Н.С.⁴, Шеховцов К.В.⁵

¹Доктор технических наук, доцент; ²доктор технических наук, профессор, ³кандидат технических наук, профессор, ⁴кандидат технических наук, доцент, ⁵аспирант; Волгоградский государственный технический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ КАБИНЫ ТРАКТОРА

Аннотация

В статье описаны методики и результаты экспериментального определения упруго-демпфирующих характеристик виброизоляторов кабины трактора. Для этой партии получены также зависимости изменения осевой жесткости виброизоляторов от деформации. Выполнены также исследования, направленные на определение динамической жесткости виброизоляторов.

Ключевые слова: виброизолятор кабины, стенд для испытания виброизоляторов, статическая и динамическая жесткость.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Sokolov-Dobrev N.S.⁴, Shekhovtsov K.V.⁵

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor; ⁴Candidate of engineering science, docent; ⁵Post-graduate student; Volgograd State Technical University

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TRACTOR CABIN VIBRATION ISOLATORS CHARACTERISTICS

Abstract

The article describes the methods and the results of experimental determination of elastic and damping characteristics of tractor cabin vibration isolators. For that batch there were also obtained the dependences of axial rigidity changing from the value of deformation.

Keywords: cabin vibration isolator, stand for vibration isolators testing, static and dynamic rigidity of vibration isolators.

Введение

Одной из важнейших функций кабины трактора является надежная защита оператора от шумов и вибраций, генерируемых двигателем, трансмиссией, ходовой системой и рабочими машинами. В связи с тем, что постоянно повышаются требования, касающиеся условий работы оператора, должны совершенствоваться конструкции и характеристики систем поддрессирования кабин.

В настоящее время для поддрессирования кабин отечественных тракторов наиболее часто используются пружинные упругие элементы, элементы из эластомеров или комбинация из тех и других [7, 8, 9, 10]. Их конструкции, места размещения, способы соединения с рамой или с корпусом трансмиссии, с полом или стойками кабины у каждой машины разные. Для поддрессирования кабин тракторов семейств ДТ и ВТ производства ВгТЗ используются виброизоляторы из эластомера, конструкция которых показана на рис. 1.

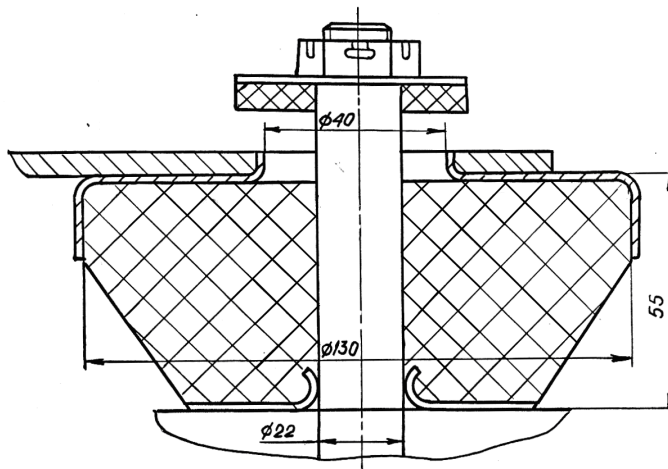


Рис. 1. Виброизолятор подвески кабин тракторов семейств ДТ и ВТ производства ВгТЗ

Количество и размещение виброизоляторов неодинаково для разных машин этих семейств. Они довольно удовлетворительно зарекомендовали себя в эксплуатации [1, 8, 9], хотя совершенствованию их конструкции и упруго-демпфирующих характеристик при создании машин новых поколений не уделялось внимания, материал эластомера и конструкция виброизолятора остаются неизменными на протяжении всего времени производства машин. В идеальном случае для поддрессирования кабины каждой машины должны создаваться виброизоляторы с характеристиками, необходимыми для обеспечения комфортной работы оператора именно этой машины. Для того, чтобы получить упруго-демпфирующие характеристики штатных виброизоляторов, выполнен ряд экспериментальных исследований.

Исследование статической жесткости

Авторским коллективом предложен ряд новых технических решений стенов для испытаний виброизоляторов [3, 4, 5, 6]. Экспериментальное исследование статической жесткости виброизоляторов выполнялось на стенде, схема которого приведена на рис. 2 [1, 2, 3, 7, 8, 9, 10].

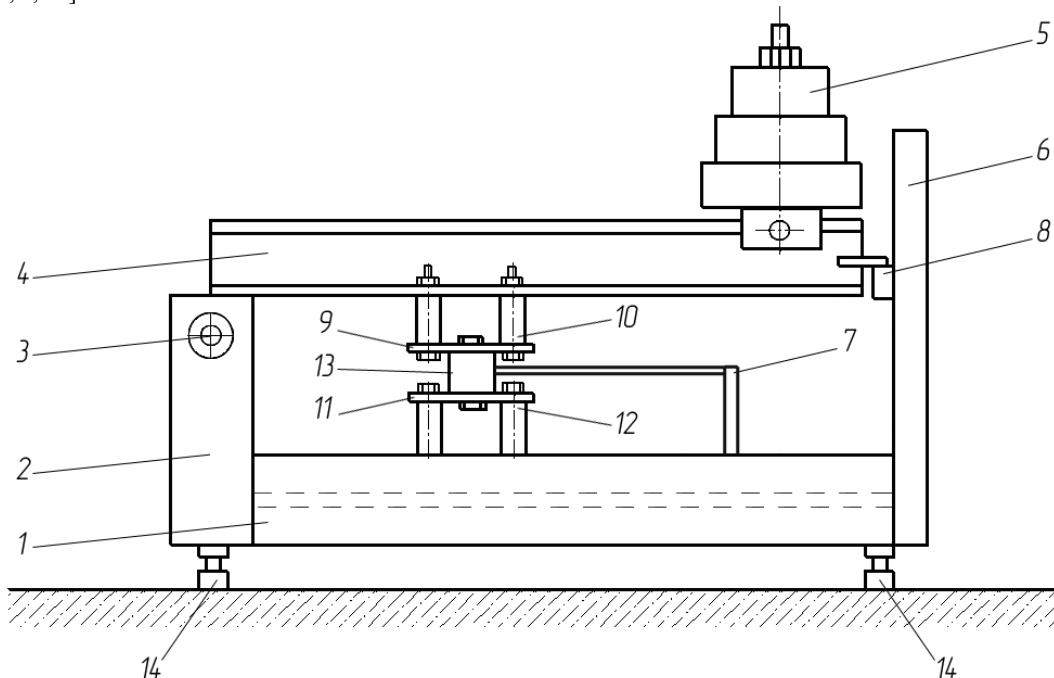


Рис. 2. Схема стенда для испытаний виброизоляторов:

1 – рама стенда; 2, 6 – вертикальные стойки; 3 – ось качания; 4 – качающийся рычаг; 5 – груз; 7 – устройство регистрации деформаций; 8 – спусковое устройство; 9 – верхняя опора испытуемого виброизлятора; 10, 12 – опорные ножки; 11 – нижняя опора испытуемого виброизлятора; 13 – испытуемый виброизлятор; 14 – болты крепления рамы

Во время исследований осуществлялась ступенчатая нагрузка-разгрузка репрезентативной партии виброизоляторов в соответствии со схемой (рис. 3) грузами весом по 40 Н [1, 7, 9].

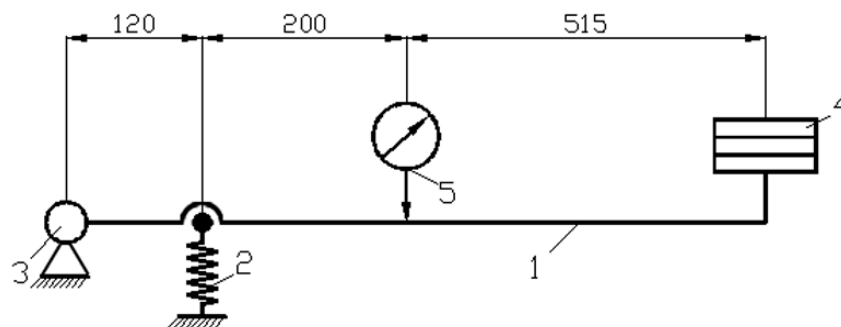
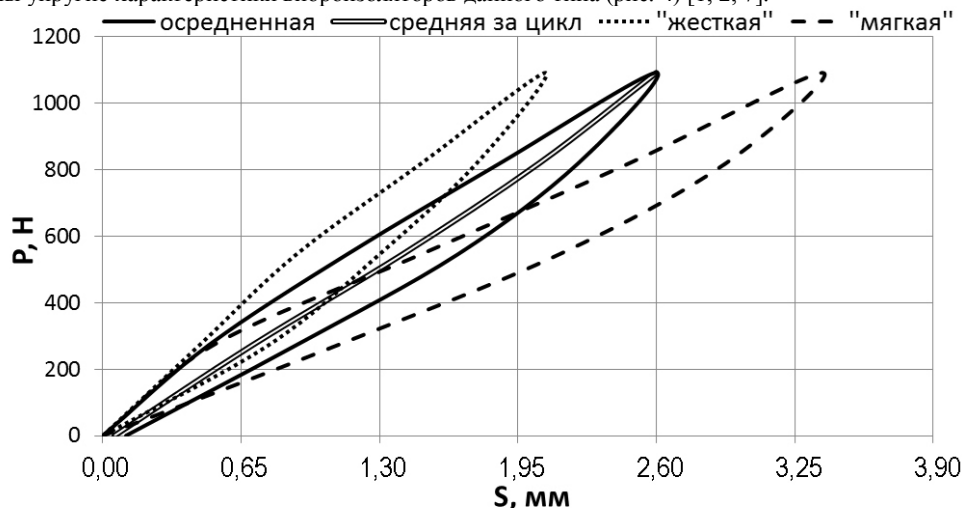


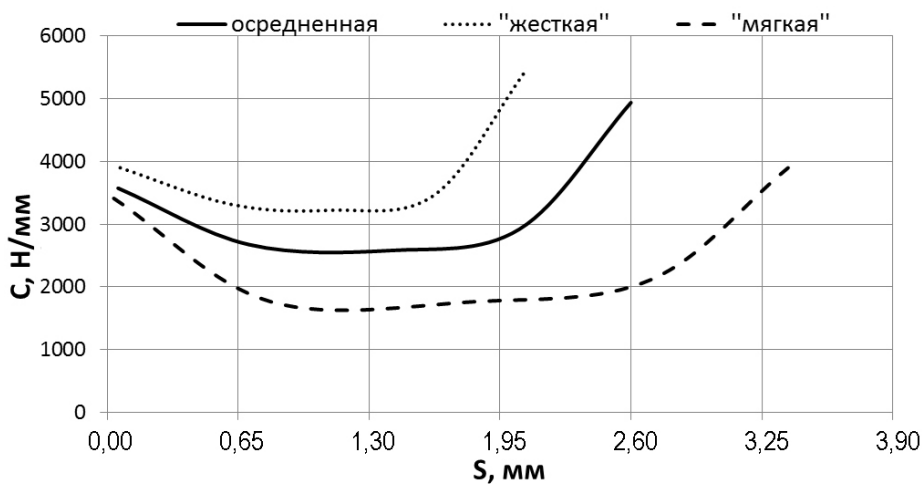
Рис. 3. Схема для экспериментального исследования жесткости виброизоляторов:

1 – балка качающегося рычага; 2 – виброизолятор; 3 – ось качания; 4 – грузы; 5 – индикаторная головка

За счет соотношения плеч звеньев, передающих на стенде нагрузку от веса груза к виброизолятору, в конце цикла обеспечивалась нагрузка, соответствующая доле приходящейся на виброизолятор статической нагрузки от веса кабины. В качестве регистрирующего прибора использовалась индикаторная головка. Нагрузка-разгрузка каждого виброизолятора повторялась 5 раз. Таким образом определялась статическая вертикальная (осевая) жесткость виброизоляторов. В результате обработки результатов исследования получены упругие характеристики виброизоляторов данного типа (рис. 4) [1, 2, 7].



а



б

Рис. 4. Упругие характеристики виброизоляторов:

а – зависимость деформации от нагрузки; б – зависимость осевой жесткости от деформации

На рис. 4 а точечной линией показана упругая характеристика самого жесткого виброизолятора партии, пунктирной линией – самого мягкого, сплошной линией – осредненная упругая характеристика виброизоляторов партии, а двойной тонкой линией – средняя за цикл нагрузка-разгрузка. Анализ этих характеристик свидетельствует о том, что максимальное отклонение деформации виброизоляторов при максимальной нагрузке составляет 30 % от средней величины для партии. В рабочей области упругая характеристика виброизоляторов данного типа близка к линейной. Существенная нелинейность наблюдается только на участках начала нагрузки и разгрузки [1, 2, 7].

Характеристики осевой жесткости виброизоляторов от деформации представлены на рис. 4 б, точечной линией – самого жесткого, пунктирной – самого мягкого, сплошной – осредненная характеристика для партии. Отклонение жесткости от средней величины также составляет 30 %. Осредненная характеристика имеет участок, на котором жесткость уменьшается при увеличении деформации – это имеет место при деформациях в диапазоне от 0 до 0,65 мм. На следующем участке, от 0,65 до 1,95 мм, жесткость остается практически постоянной. При дальнейшем росте деформации от 1,95 до 2,60 мм наблюдается увеличение жесткости от 275000 до 490000 Н/м.

Таким образом, для данного типа виброизоляторов величина максимальной вертикальной (осевой) статической жесткости находится в диапазоне от 390000 до 540000 Н/м.

Исследование динамической жесткости

Динамическую жесткость виброизолятора определяют по следующей зависимости [11]:

$$C_{\text{дин}} = \frac{P}{S} \cos \Delta\phi,$$

где P – амплитуда действующей на виброизолятор динамической силы;

S – амплитуда виброперемещения;

$\Delta\phi$ – сдвиг фаз между динамической силой и виброперемещением.

На стенде (рис. 2) выполнена серия экспериментальных исследований динамической жесткости репрезентативной партии виброизоляторов. Исследования выполнялись при работе виброизоляторов в режиме свободных (затухающих) колебаний, которые получались в результате импульсного воздействия на виброизолятор от веса груза при срабатывании спускового устройства. При исследовании каждого из них, в соответствии с выше приведенной формулой, записывалась осциллограмма процесса изменения действующей на виброизолятор динамической силы P и деформации S виброизолятора. На рис. 5 приведена осредненная для репрезентативной партии виброизоляторов запись этих процессов [1, 2, 7].

В табл. 1 приведены значения динамической силы, деформации и рассчитанные по выше приведенной формуле значения динамической жесткости, определенные для амплитудных точек первых четырех циклов колебаний (рис. 5).

Таблица 1 Динамическая сила, деформация и динамическая жесткость

№ цикла	1	2	3	4
P , Н	572,3	532,2	344,4	349,6
S , мм	1,33	1,17	0,99	0,88
C , кН/мм	4,01	4,01	3,08	3,44

Для расчета величины динамической жесткости в каждой из этих четырех точек определено значение $\cos \Delta\phi$. Угол ϕ определялся из отношения величины смещения (запаздывания) по времени амплитудных точек динамической силы P и деформации S на графике для каждого цикла колебаний. Его величина в градусах определялась из пропорции отношения времени запаздывания к времени полного цикла (360°) колебаний.

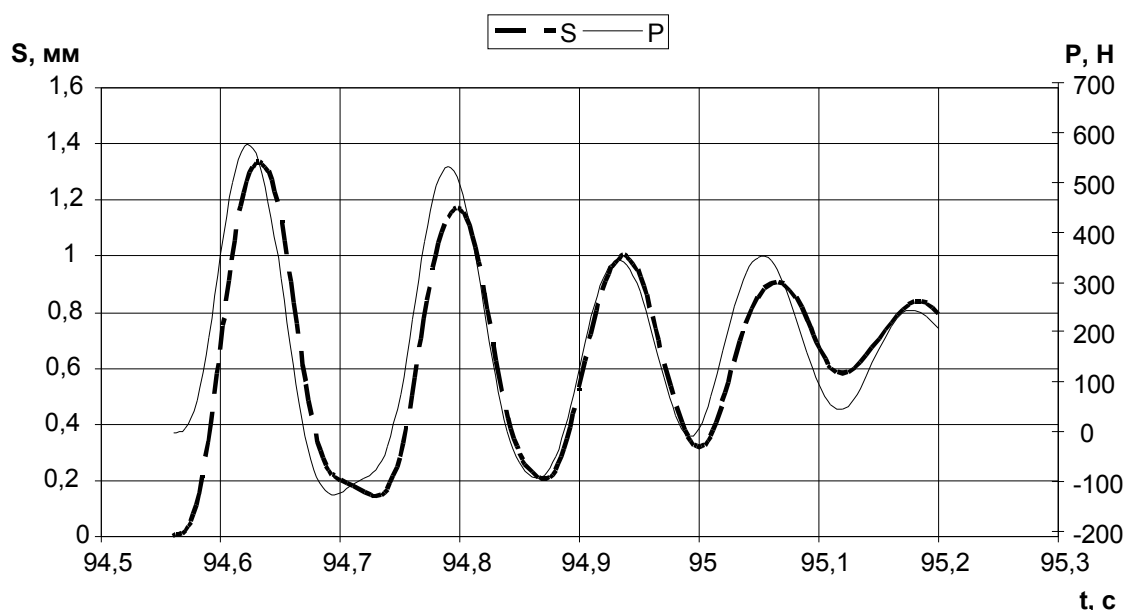


Рис. 5. Осредненная осциллограмма Таким образом, для данного типа виброизоляторов величина динамической жесткости находится в диапазоне от 3,1 до 4,0 кН/мм.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что при таких упруго-демпфирующих свойствах штатных виброизоляторов подвески кабин тракторов семейств ДТ и ВТ производства ВгТЗ достаточно сложно обеспечить комфортные условия работы оператора. Упругие свойства виброизоляторов недостаточны, так как даже при максимальной нагрузке их деформация (то есть ход подвески) составляет величину, меньшую 1,5 мм. Элементарные подсчеты показывают [1, 9], что при весе кабины примерно в 8 кН и наличии в подвеске от 4 до 6 виброизоляторов (для разных машин семейств ДТ и ВТ) частота собственных колебаний кабины будет находиться в диапазоне от 11 до 22 Гц. Известно, что для человека-оператора область комфортных частот колебаний находится в районе 1 – 1,5 Гц [9]. Следовательно, необходимо совершенствование конструкции виброизоляторов с тем, чтобы обеспечить более эффективное поддрессирование кабины.

Литература

1. Победин, А.В. Испытания виброизоляторов на стенде / А.В. Победин, К.В. Шеховцов // Изв. ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы". Вып. 4: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – № 12. – С. 41-43.
2. Ляшенко, М. В. Лабораторная установка для испытаний виброизоляторов / М.В. Ляшенко, А.В. Победин, К.В. Шеховцов // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 2 (спецвыпуск). – С. 270 – 274.
3. П. м. 104714 РФ, МПК G 01 M 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл. П. Шевчук, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов, Д.В. Бусалаев; ГОУ ВПО ВолгГТУ. – 2011.
4. П. м. 112416 РФ, МПК G 01 M 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, Д.В. Бусалаев; ВолгГТУ. – 2012.
5. П. м. 112417 РФ, МПК G 01 M 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, Д.В. Бусалаев; ВолгГТУ. – 2012.
6. П. м. 118056 РФ, МПК G 01 M 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных и собственных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко; ВолгГТУ. – 2012.
7. Шеховцов, К.В. Испытания виброизоляторов кабины трактора [Электронный ресурс] / К.В. Шеховцов // Инженерный вестник Дона: электронный журнал. – 2012. – № 1. – С. URL: <http://ivdon.ru/magazine/latest/n1y2012/639/>.
8. Стеновое оборудование для испытания виброизоляторов кабины трактора / А.В. Победин, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов, З.А. Годжаев // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 7. – С. 43-48.

9. Шеховцов, К.В. Vibration Isolators's Laboratory Testing Plant / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, О.Д. Косов // 30th Anniversary Seminar of the Students' Association for Mechanical Engineering (11-13.05.2011, Warsaw, Poland): book of Abstracts / Military University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering. – Warsaw, 2011. – S. 66-67. – Англ.

10. Стенд для испытаний виброизоляторов [Электронный ресурс] / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, М.В. Ляшенко, В.В. Шеховцов // Автомобиль- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: матер. междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомот. инж. (ААИ), посвящ. 145-летию МГТУ "МАМИ" / Моск. гос. техн. ун-т «МАМИ». – М., 2010. – Кн. 1 (Секция 1). – С. 336-341. – URL: www.mami.ru/science/mami145/scientific/S_01.htm.

11. ГОСТ 27242-87. Вибрация. Виброизоляторы. Общие требования к испытаниям. – Введ. 11.06.87. – М.: Стандартинформ, 1987. – 13 с.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Победин А.В.⁴, Соколов-Добрев Н.С.⁵, Шеховцов К.В.⁶

¹Доктор технических наук, доцент; ²доктор технических наук, профессор; ³кандидат технических наук, профессор; ⁴кандидат технических наук, профессор; ⁵кандидат технических наук, доцент; ⁶аспирант; Волгоградский государственный технический университет

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПОДВЕСКИ КАБИНЫ ТРАКТОРА

Аннотация

В статье описаны результаты анализа технических решений упруго-демпфирующих устройств, используемых для поддрессирования кабин современных отечественных и зарубежных тракторов. На основе анализа конструкций и условий работы виброизоляторов кабин сформулирована система требований к ним.

Ключевые слова: подвеска кабины трактора, виброизолятор, упруго-демпфирующие элементы.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Pobedin A.V.⁴, Sokolov-Dobrev N.S.⁵, Shekhovtsov K.V.⁶

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor; ⁴Candidate of engineering science, professor; ⁵Candidate of engineering science, docent; ⁶Post-graduate student; Volgograd State Technical University

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TRACTOR CABIN VIBRATION ISOLATORS CHARACTERISTICS

Abstract

The article describes the results of the analysis of technical solutions of elastic and damping devices, that are used in cabin suspensions of today's tractors. On the basis of the constructions analysis and work conditions of tractor cabin vibrations isolators the system of requirements is developed.

Keywords: tractor cabin suspension, vibration isolator, elastic damping elements.

В настоящее время для поддрессирования кабин современных отечественных тракторов наиболее часто используются пружинные виброизоляторы и виброизоляторы из эластомеров. Их конструкции, места размещения, способы соединения с рамой или с корпусом трансмиссии, с полом или стойками кабины у каждой машины разные. Системы поддрессирования кабин современных зарубежных тракторов обычно более сложные, они включают в себя пружинные виброизоляторы, виброизоляторы из эластомеров, пневматические и гидравлические упругие элементы и гасители колебаний, механические и иные стабилизаторы подвески [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Для поддрессирования кабин гусеничных сельскохозяйственных тракторов семейств ДТ и ВТ производства ВгТЗ используются виброизоляторы из эластомера, конструкция которых показана на рис. 1 [8, 9, 10]. Они удовлетворительно зарекомендовали себя в эксплуатации, хотя совершенствованию их конструкции и упруго-демпфирующих характеристик при создании машин новых поколений не уделялось внимания, материал эластомера и конструкция виброизолятора остаются неизменными на протяжении всего времени производства машин [8, 9]. В идеальном случае для поддрессирования кабины каждой машины должны создаваться виброизоляторы с характеристиками, необходимыми для обеспечения комфортной работы оператора именно этой машины.

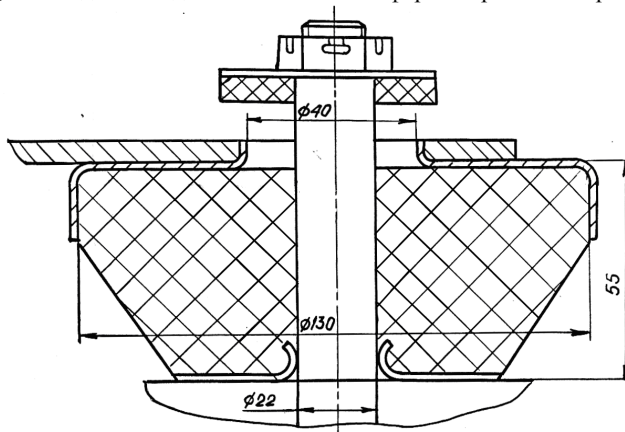


Рис. 1. Виброизолятор подвески кабин тракторов семейств ДТ и ВТ производства ВгТЗ

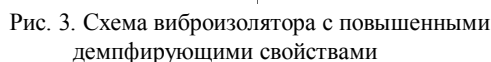
Выполнен анализ запатентованных технических решений виброизоляторов преимущественно для использования в подвеске кабины. Рассмотрены конструкции устройств с металлическими, пневматическими упругими элементами и элементами из эластомеров, с сухим и жидкостным демпфированием [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Исходя из условий работы, наиболее подходящими для подвески кабин являются виброизоляторы со следующими свойствами:

- с высокой надежностью и долговечностью;
- не требующие частого технического обслуживания и регулировок в процессе эксплуатации;
- сохраняющие постоянство упругих и демпфирующих свойств в течение всего времени эксплуатации;
- способные эффективно работать в диапазонах низких, средних и высоких частот воздействий;
- с автоматически адаптационно подстраивающейся под характер воздействий упруго-демпфирующей характеристикой;
- способные, кроме осевых, воспринимать боковые нагрузки и эффективно гасить вертикальные, продольно-угловые и поперечно-угловые колебания кабины.

В настоящее время этому списку требований наиболее полно удовлетворяют виброизоляторы, содержащие комбинацию воспринимающих осевые и боковые нагрузки металлических, резиновых, иногда пневматических упругих элементов, при

Авторским коллективом предложены и запатентованы новые технические решения виброизоляторов, отвечающие большинству описанных выше требований. Конструкция двух вариантов виброизолятора с комбинированными упруго-демпфирующими элементами представлена на рис. 2 и 3 [1, 2].



Предложена также глубокая модернизация конструкции штатного (рис. 1) виброизолятора [3]. Элементарные подсчеты показывают [8, 9, 10], что при весе кабины примерно в 8 кН и наличии в подвеске от 4 до 6 виброизоляторов (для разных машин семейств ДТ и ВТ) частота собственных колебаний кабины находится в диапазоне от 11 до 22 Гц. Известно, что для человека-

оператора область комфортных частот колебаний находится в районе 1 – 1,5 Гц. Следовательно, необходимо совершенствование конструкции виброизоляторов.

Штатный виброизолятор (рис. 1) включает в себя один монолитный резиновый блок и обладает ограниченными возможностями адаптивно менять свои упругие свойства при действии на него вертикальных и боковых колебательных нагрузок с разными частотами. Для его усовершенствования предложена новая конструкция (рис. 4). Она включает в себя центральный стержень 1, опорную плиту 2 (пол кабины трактора), установленные на центральном стержне 1 ограничительную металлическую шайбу 3 и буферную цилиндрическую прокладку 4 из эластомера, металлический корпус 5 виброизолятора, опорную плиту 6 (раму трактора), и три кольцевых блока 7, 8 и 9 из эластомеров с разными упругими свойствами [3].

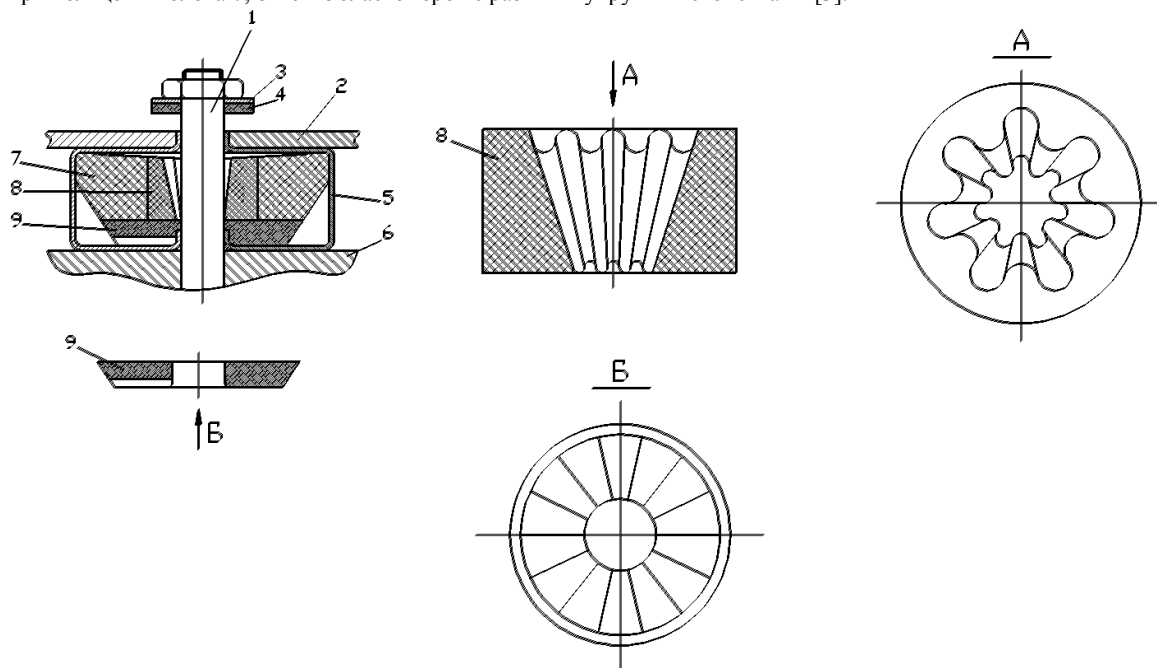


Рис. 4. Виброизолятор с блоками из эластомера с разной податливостью

При действии на виброизолятор осевых колебательных нагрузок с высокими и средними частотами и малой амплитудой основную работу в качестве упругого и демпфирующего элемента с нелинейной характеристикой выполняет кольцевой блок 9 из эластомера с более высокой податливостью, а при действии подобных боковых нагрузок – блок 8 также из эластомера с более высокой податливостью. При действии осевых и боковых нагрузок с малой частотой и более высокой амплитудой в работу в качестве упругого и демпфирующего элемента последовательно с кольцевыми блоками 9 и 8 включается кольцевой блок 7 из эластомера с меньшей податливостью.

Наружная поверхность блока 8 имеет цилиндрическую форму, а внутренняя – форму усеченного конуса с волнообразной поверхностью. Боковые колебательные нагрузки с высокими и средними частотами и наименьшей амплитудой (вибрации) воспринимаются сначала этой волнообразной поверхностью, объем деформируемого эластомера при этом невелик, соответственно невелика жесткость блока 8. По мере роста амплитуд боковых нагрузок деформации подвергается все больший объем эластомера блока 8, сминаются полностью выступы его волнообразной поверхности и увеличивается жесткость в боковом направлении.

Кольцевой блок 9 из эластомера выполнен также в форме усеченного конуса. Контактующее с металлическим корпусом 5 меньшее основание этого конуса имеет подобную волнообразную поверхность. Осевые колебательные нагрузки с высокими и средними частотами и наименьшей амплитудой (вибрации) воспринимаются сначала этой поверхностью; по мере роста их амплитуд деформации подвергается все больший объем эластомера блока, сминаются выступы волнообразной поверхности и увеличивается жесткость в осевом направлении.

Кольцевой блок 7 выполнен из эластомера с меньшей податливостью. Он вступает в работу в качестве элемента с нелинейными упругой и демпфирующей характеристиками последовательно с блоками 8 и 9 при действии на виброизолятор осевых и боковых нагрузок с более высокими амплитудами. При существенных нагрузках часть материала эластомера блока 7 может под действием усилий перемещаться в предназначенный для этой цели свободный объем в корпусе 5.

В настоящее время ведутся работы по изготовлению опытных партий виброизоляторов предложенной и еще нескольких конструкций, после чего на основе стендовых испытаний предполагается подобрать эластомерные материалы каждого их блока с необходимыми упруго-демпфирующими свойствами [9, 10]. Использование в подвеске кабины виброизоляторов с усовершенствованными упруго-демпфирующими характеристиками должно существенно улучшить условия труда оператора.

Литература

1. П. м. 93477 РФ, МПК F 61 F 7/12. Виброизолятор / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов; ГОУ ВПО "Волгогр. гос. техн. ун-т". – 2010.
2. П. м. 100159 РФ, МПК F 16 F 3/10. Виброизолятор / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов; ГОУ ВПО ВолгГТУ. – 2010.
3. П. м. 124340 РФ, МПК F 16 F 3/093, F 16 F 3/373. Виброизолятор / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, О.Д. Косов, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов; ФГБОУ ВПО ВолгГТУ. – 2013.
4. Classification and Analysis of the Ways of Cabin Suspension Vibroinsulators` Characteristic Formation / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов // XXIX Seminarium Kół Naukowych "Mechaników", Warszawa, 22-23 kwietnia 2010 r.: referaty / Wojskowa Akademia Techniczna. – Warszawa, 2010. – S. 449-452. – Англ.
5. Шеховцов, К.В. Анализ конструкций виброизоляторов для подвески кабин тракторов / К.В. Шеховцов, А.В. Победин // Городу Камышину – творческую молодёжь (посвящается 15-летию Камышинского технол. ин-та (филиала) ВолгГТУ): матер. III регион. н.-практ. студ. конф., 22-23 апр. 2009 г. / ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. – Камышин, 2009. – Т. 3. – С. 196-198.
6. Анализ технических решений виброизоляторов / А.В. Победин, О.Д. Косов, В.В. Шеховцов, К.В. Шеховцов // Прогресс транспортных средств и систем – 2009: матер. междунар. н.-пр. конф., Волгоград, 13-15 окт. 2009 г.: в 2 ч. Ч. 1 / ВолгГТУ [и др.]. – Волгоград, 2009. – С. 210-211.
7. Анализ и классификация технических решений виброизоляторов подвески кабины / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, О.Д. Косов, К.В. Шеховцов // Проектирование колёсных машин: матер. всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию начала подгот.

инж. по автомобильной специальности в МГТУ им. Н.Э. Баумана (25-26 дек. 2009 г.) / ГОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". – М., 2010. – С. 181-184.

8. Победин, А.В. Анализ схем и конструкций, расчётные исследования упруго-демпфирующих устройств подвески кабины трактора / А.В. Победин, В.В. Шеховцов, К.В. Шеховцов // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VI всерос. науч.-практ. конф., г. Камышин, 15-16 дек. 2009 г. В 6 т. Т. 1 / ГОУ ВПО ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – С. 127-130.

9. Шеховцов, К.В. Анализ технических решений, разработка и исследование математической модели подвески кабины трактора / К.В. Шеховцов, А.В. Победин // XIV региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 10-13 нояб. 2009 г.): тез. докл. / ВолгГТУ [и др.]. – Волгоград, 2010. – С. 94-96.

10. Победин, А.В. Испытания виброизоляторов на стенде / А.В. Победин, К.В. Шеховцов // Изв. ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы". Вып. 4: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – № 12. – С. 41-43.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Соколов-Добрев Н.С.⁴, Шеховцов К.В.⁵

¹Доктор технических наук, доцент; ²доктор технических наук, профессор, ³кандидат технических наук, профессор, ⁴кандидат технических наук, доцент, ⁵аспирант; Волгоградский государственный технический университет

КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОТ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ВАЛОПРОВОДЕ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАКТОРА ВТ-100

Аннотация

В статье описан метод расчетного исследования характера распространения по валопроводу силовой передачи крутильных колебаний от переменности действия основных эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: силовая передача, распространение колебаний, динамическая нагруженность участков.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Sokolov-Dobrev N.S.⁴, Shekhovtsov K.V.⁵

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor;

⁴Candidate of engineering science, docent; ⁵Post-graduate student; Volgograd State Technical University

TORSIONAL VIBRATIONS FROM THE BASIC OPERATING LOADS IN THE POWER TRANSMISSION SHAFTING OF VT-100 TRACTOR

Abstract

The article describes the method of calculational research of character of torsional vibrations spread on power transmission shafting caused by the variability of basic operational loads.

Keywords: power train, oscillations propagation, dynamic loading of areas.

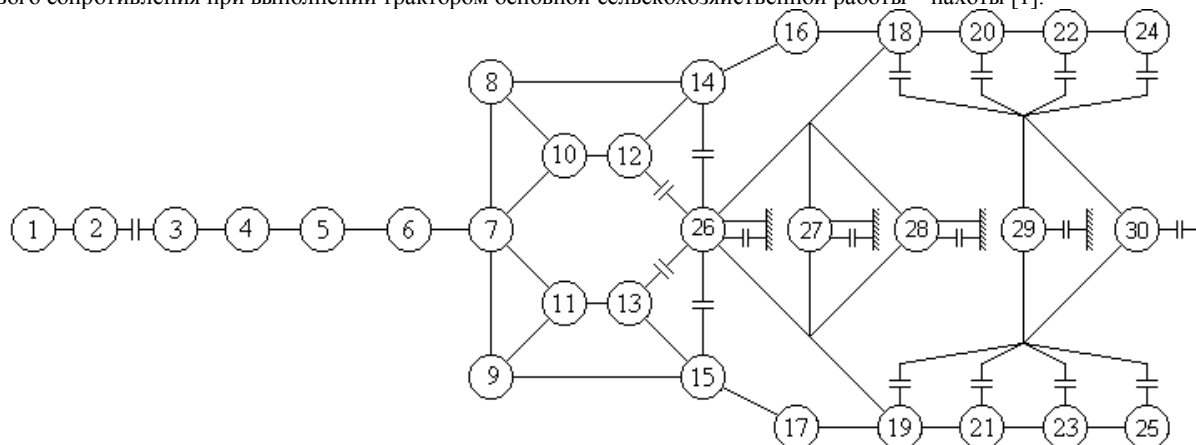
Эксплуатационная нагруженность силовой передачи гусеничного трактора носит явно выраженный динамический характер [1]. Такие факторы, как неравномерность крутящего момента двигателя, тягового сопротивления, возмущения от раскачивания машины на подвеске, для гусеничных машин – неравномерность перемотки звенчатой гусеницы, а также внутренние кинематические и силовые возмущения от переацепления шестерен, несоосности валов, неравномерности вращения кардана, деформаций и смещений корпусных деталей, воздействия оператора через системы управления – в сумме приводят к тому, что закон нагружения силовой передачи в эксплуатации имеет случайный полигармонический характер [1, 2, 4, 7].

Неравномерность действия нагрузок на элементы передачи приводит к возникновению в ее валопроводе крутильных колебаний, роль которых в процессе накопления усталостных повреждений значительна [1, 2]. По данным отечественных и зарубежных исследователей, до 80 % отказов в силовой передаче обязаны своим происхождением именно колебаниям [2].

Известно, что у одних машин колебания определенной частоты от источника возбуждения проходят через весь валопровод, дополнительно нагружая каждый его элемент, а у других машин они гасятся на соседних с источником участках [2]. В связи с тем, что представление о дополнительной нагруженности элементов передачи от этих колебаний имеет важное значение для конструктора, выполнено исследование характера распространения по валопроводу силовой передачи трактора ВТ-100 крутильных колебаний от переменности действия основных эксплуатационных нагрузок.

При помощи разработанных на кафедре «Автомобиле- и тракторостроение» ВолгГТУ компьютерных программ [3] выполнено исследование изменения дополнительной нагруженности от крутильных колебаний силовой передачи трактора ВТ-100 производства ВгТЗ при действии основных эксплуатационных нагрузок. Исследование выполнено на основе динамической модели силовой передачи трактора [8, 9], полная и редуцированная схемы которой представлены на рис. 1. При этом динамические параметры элементов передачи левого и правого бортов при разветвлении силового потока после главной передачи приняты одинаковыми, что дает основание для представления передачи в виде цепной модели. В табл. 1 показано соответствие масс и связей модели узлам и участкам передачи.

К массам модели приложены нагрузки, определяющие в основном ее эксплуатационную нагруженность [1, 2]. Так, к массе I_{10} модели (поступательно движущиеся массы трактора и орудия) приложены возмущающие воздействия от неравномерности тягового сопротивления с частотой 0,1 Гц и 1 Гц. Обычно в этом частотном диапазоне помещаются нагрузки от неравномерности тягового сопротивления при выполнении трактором основной сельскохозяйственной работы – пахоты [1].



a

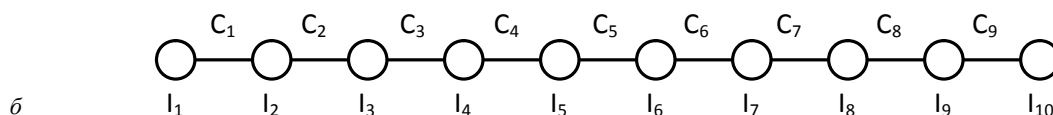


Рис. 1. Полная *а* и редуцированная *б* динамические модели силовой передачи

К массе I_9 модели (ведущее колесо, ходовая система и подвеска) приложена нагрузка с частотой 2 Гц, имитирующая воздействие от раскачивания остова на подвеске, а также нагрузки с частотами 12 Гц и 24 Гц – это средние величины диапазона, в котором для данного трактора помещаются воздействия от неравномерности перемотки гусеницы при движении трактора с разными скоростями и при несинфазной работе гусеничных движителей левого и правого борта. И, наконец, приложением моментов к массе I_1 имитируется воздействие на силовую передачу гармоник двигателя. На трактор ВТ-100 устанавливается двигатель Д 444-24 (25), возможна также установка двигателей Мартин Z 8604, Д 260.3 и Cat 3116. Максимальная частота вращения валов этих двигателей 2000-2100 об/мин, то есть 33-34,5 Гц, номинальная частота вращения – 1800-1900 об/мин, то есть приблизительно 30 Гц. Принято учитывать повреждающее воздействие от гармоник не выше 4 порядка [1]. Таким образом, в модели момент с частотой 30 Гц имитирует воздействие первой гармоники, с частотой 45 Гц – полуторной, с частотой 60 Гц – второй, с частотой 75 Гц – двухполовинной, с частотой 90 Гц – третьей, с частотой 105 Гц – трехполовинной, с частотой 120 Гц – четвертой. Все моменты, приложенные ко всем массам, единичные. Это позволяет при анализе результатов легко определять получаемое соотношение дополнительной динамической нагруженности участка с величиной приложенного момента в процентах.

Таблица 1 Соответствие масс и связей модели узлам и участкам передачи

Обозначение масс	Узлы
I_1	Двигатель и ведущие элементы муфты сцепления
I_2	Ведомые элементы муфты сцепления
I_3	Карданный вал
I_4	Ведущие элементы коробки передач
I_5	Ведомые элементы коробки передач
I_6	Главная передача
I_7	Водило планетарного механизма поворота и шкив фрикциона
I_8	Конечная передача и шкив остановочного тормоза
I_9	Гусеничный обвод и вращающиеся детали ходовой системы
I_{10}	Поступательно движущиеся массы трактора и плуга
Обозначение участков	Участки
C_1	Двигатель – ведомые элементы муфты сцепления
C_2	Ведомые элементы муфты – карданный вал
C_3	Карданный вал – ведущие элементы коробки
C_4	Ведущие – ведомые элементы коробки
C_5	Ведомые элементы коробки – главная передача
C_6	Главная передача – механизм поворота
C_7	Механизм поворота – конечная передача
C_8	Конечная передача – ходовая система
C_9	Ходовая система – массы трактора и плуга

На рис. 2 показан характер распространения по валопроводу колебаний с вышеописанными частотами. На рис. 2 *а* первая сверху зависимость показывает величину дополнительного момента на каждом участке (номера участков показаны на оси абсцисс) при возбуждении колебаний с частотами 0,1 Гц, 1 Гц и 2 Гц. Результаты расчета [4, 5, 6, 7, 10] свидетельствуют о том, что при возбуждении колебаний с этими частотами момент на каждом участке имеет практически одинаковую величину. На рис. 2 *а* показаны также аналогичные зависимости для момента с частотами 12 и 24 Гц.

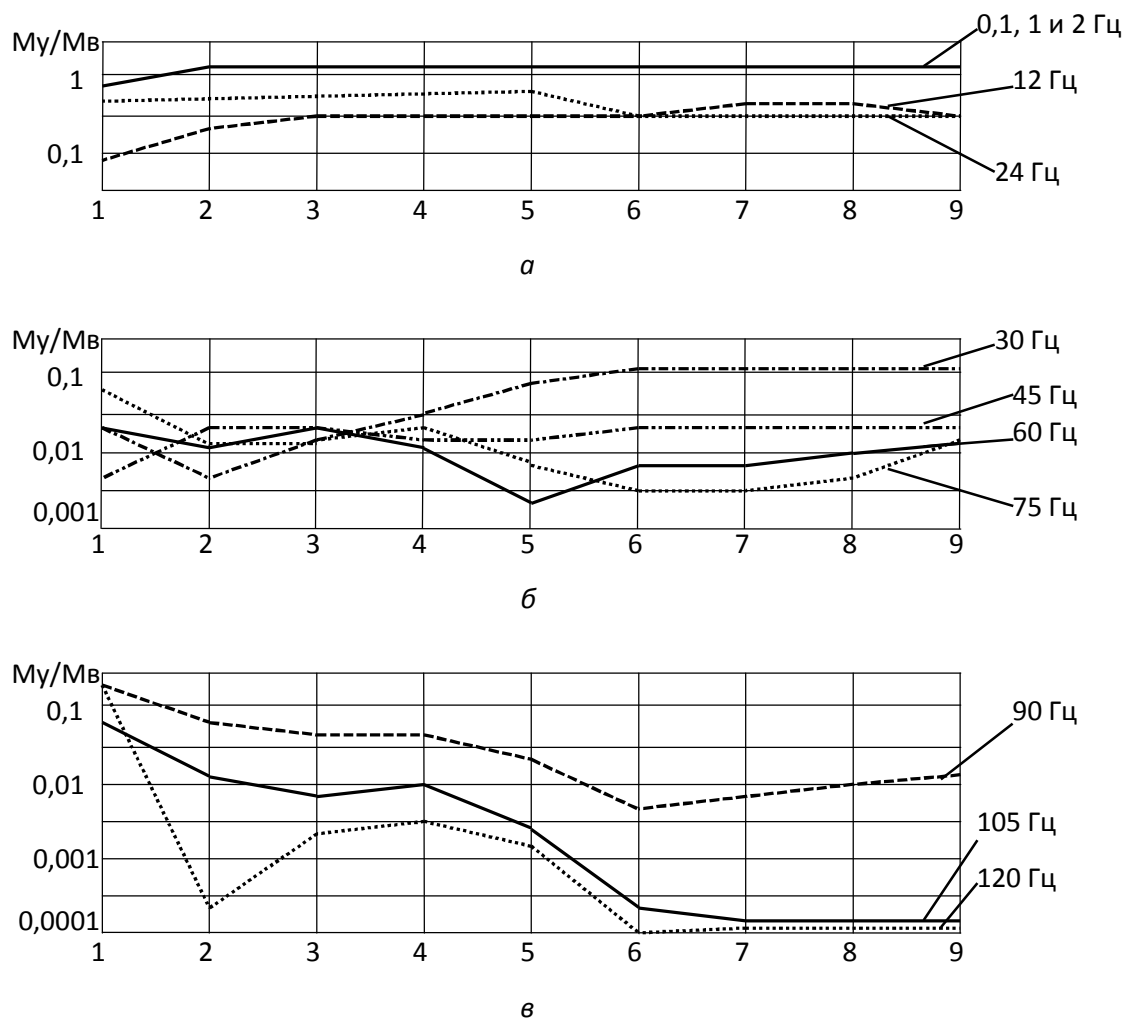


Рис. 2. Характер прохождения по валопроводу колебаний разных частот

Как видно из представленных графиков, колебания с частотами 0,1 Гц, 1 Гц и 2 Гц со стороны девятого участка (ходовая часть и подвеска) проходят через весь валопровод практически без уменьшения амплитуд вплоть до муфты сцепления и лишь на участке между муфтой и двигателем их амплитуда уменьшается примерно на 30 %. Колебания с частотой 12 Гц проходят также через весь валопровод от девятого участка до первого, причем амплитуда дополнительного момента на участках от этих колебаний на девятом-шестом участках составляет 50 % от момента возбуждения, на пятом участке возрастает до 85 % и на участках от пятого до первого линейно снижается до 70 % от возбуждающего момента. Таким образом, участки от пятого до первого (коробка передач – двигатель) нагружены большим на 20 % дополнительным динамическим моментом с частотой 12 Гц от перемотки гусеничной цепи, нежели валопровод от коробки передач до ведущего колеса.

Колебания с частотой 24 Гц также проходят через весь валопровод. На девятом участке дополнительный динамический момент от этих колебаний составляет 50 % от возбуждаемого, далее на седьмом и восьмом участках увеличивается до 70 %, на шестом – третьем участках снова снижается до 50 % от возбуждающего, на втором участке составляет 40 % и на первом снижается до 9 % от возбуждающего момента.

Таким образом, от колебаний с частотой 24 Гц, источником возбуждения которых является гусеничный обвод при высоких скоростях движения, дополнительным динамическим моментом существенной величины нагружен весь валопровод вплоть до муфты сцепления, и только на участке между муфтой и двигателем амплитуда этого момента уменьшается примерно в пять раз.

На рис. 2 б показаны зависимости, характеризующие изменение момента, нагружающего участки при колебаниях от гармонических составляющих момента двигателя с частотами 30, 45, 60 и 75 Гц. При этом момент от колебаний с частотой 30 Гц на первом участке (двигатель – муфта) составляет 4 % от возбуждающего, на втором участке уменьшается до 0,7 %, на участках два-шесть линейно растет до величины 12 % от возбуждающего и на остальных участках остается таким же. Таким образом, наиболее нагруженными участками при колебаниях с частотой 30 Гц (первая гармоника двигателя) оказываются участки с шестого по девятый (от главной передачи до ходовой системы).

Момент от колебаний с частотой 45 Гц на первом участке равен 0,7 % от возбуждающего, на втором-третьем участках составляет 4 % от возбуждающего, на четвертом – пятом – 2 %, на шестом-девятом – снова 4 % от возбуждающего. Колебания с этой частотой проходят сквозь весь валопровод, но дополнительный момент на участках создают незначительный.

Момент от колебаний с частотой 60 Гц на первом участке равен 40 % от возбуждающего, на остальных – от 0,4 до 2 %. Таким образом, нагруженным оказывается практически только первый участок.

Момент от колебаний с частотой 75 Гц на первом участке составляет 8 % от возбуждающего, на остальных составляет от 0,5 до 4 %. Колебания с этой частотой также гасятся почти полностью на участках от двигателя до главной передачи, далее их амплитуда немного увеличивается, оставаясь небольшой.

На рис. 2 в показаны зависимости, характеризующие изменение момента на участках при возбуждении колебаний от двигателя с частотами 90, 105 и 120 Гц. Момент от колебаний с частотой 90 Гц на первом участке составляет 35 % от возбуждающего, на остальных участках составляет от 0,7 до 8 %. Моментом от колебаний с этой частотой нагружены в основном участки с первого по четвертый, из них существенно нагружены (до 35 % от возбуждающего момента) первый и второй участки, то есть двигатель – муфта сцепления.

Момент от колебаний с частотой 105 Гц на первом участке составляет 8 % от возбуждающего, на остальных участках – от 2 до 0,02 %, то есть моментом от колебаний с этой частотой нагружен в основном первый участок (двигатель – муфта), далее эти колебания интенсивно гасятся.

Момент от колебаний с частотой 120 Гц на первом участке составляет 35 % от возбуждающего, на остальных – от 0,01 % до 0,5 %, то есть моментом от этих колебаний нагружен только участок двигатель – муфта сцепления.

Выводы

1. Анализ характера распространения крутильных колебаний вследствие переменности действия основных эксплуатационных нагрузок свидетельствует о том, что со стороны ведущего колеса нагрузки с частотами 0 – 12 Гц проходят сквозь весь валопровод почти без уменьшения амплитуд. Дополнительная динамическая нагруженность участков силовой передачи при этом составляет 50 – 120 % от момента возбуждения. Нагрузки со стороны ведущего колеса с частотой 24 Гц и амплитудой 90 – 120 % от возбуждающего момента доходят до коробки передач, далее по направлению к двигателю уменьшаются до 30 – 50 % от момента возбуждения. От воздействия гармоник двигателя дополнительная нагруженность участков трансмиссии составляет 2 – 12 %, за исключением третьей гармоники (90 Гц), динамическая составляющая момента от которой на участке от двигателя до муфты доходит до 35 % от возбуждающего. Амплитуды высокочастотных нагрузок от гармоник двигателя существенны на участках, близких к двигателю, а за коробкой передач и далее близки к нулю.

2. Валопровод является практически прозрачным для прохождения сквозь него низкочастотных колебаний. Необходимы конструктивные мероприятия, ограничивающие (за счет установки упругих элементов или гасителей колебаний) их действие на участки за конечной передачей.

Литература

1. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутков Г.М. Динамика трактора. – М.: Машиностроение, 1973. – 281 с.
2. Шеховцов, В.В. Analiza i synteza systemów dynamicznych układów napędowych pojazdów na etapie ich projektowania = Анализ и синтез динамических систем силовых передач транспортных средств на этапе их проектирования: монография / В.В. Шеховцов; // Zeszyty Instytutu Pojazdów. № 4 (30) / 98 = Труды Ин-та транспортных средств. – Warszawa: Politechnika Warszawska, 1998. – 156 с.
3. Шеховцов, В.В. Programy do badania dynamiki pojazdu samochodowego na podstawie modelu ze zmiennymi wartościami mas i sztywności / В.В. Шеховцов // Autoprogres' 95. Sekcja 1: Teoria, konstrukcja i badania samochodów: mater. V międzynarod. nauk.-techn. konf., maj 1995. – Jachranka, 1995. – S. 337-339.
4. Исследование динамических процессов в силовой передаче гусеничной машины / Е.И. Тескер, В.В. Шеховцов, С.В. Зленко, Д.И. Кумсков // Dynamika strojovych agregatov = Dynamics of Machine Aggregates: proc. of 4th Int. Conf. (September 21-23, 1998) / Slovak Univ. of Technology. – Gabčíkovo (Slovak Republic), 1998. – S. 151-154.
5. Динамическая нагруженность силовой передачи гусеничной машины на переходных режимах / Е.И. Тескер, В.В. Шеховцов, С.В. Зленко, А.Е. Стульников // Dynamics of machine aggregates: Proceedings of the International conference, June 27-29, 2000 / Slovak university of technology. – Gabčíkovo, Slovak Republ., 2000. – С. 217-221.
6. Соколов-Добрев, Н.С. Исследование нагруженности участков трансмиссии трактора ВТ-100 от несинфазной работы ведущих колес при возникновении резонансных колебаний / Н.С. Соколов-Добрев, В.В. Шеховцов, А.В. Победин // Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych = Совершенств. констр. и методов эксплуатации мех. трансп. средств: сб. ст. VIII междунар. симпоз., (11-13 дек. 2002) / Воен.-техн. акад. [и др.]. – Warszawa-Rynia (Польша), 2002. – Cz. I. – С. 343-349.
7. Шеховцов, В.В. Dynamic load optimisation of caterpillar tractor powertrain / В.В. Шеховцов, М.В. Ляшенко // Archiwum Motoryzacji = The Archives of Automotive Engineering. – 2004. – № 4. – С. 553-564. – Пол.
8. Model dynamiczny z ogniwami reakcyjnymi układu napędowego ciągnika gąsienicowego / В.В. Шеховцов, З.А. Годжаев, М.В. Ляшенко, Вл.П. Шевчук, Н.С. Соколов-Добрев, Б. Михаловски // KONES. Powertrain and transport. – 2007. – № 4. – С. 101-112.
9. Dynamic Model with Reaction Nodes of Tracked Agricultural Tractor / З.А. Годжаев, М.В. Ляшенко, В.В. Шеховцов, Вл.П. Шевчук, Н.С. Соколов-Добрев, Б. Михаловски // Journal of KONES. Powertrain and Transport. – 2007. – Vol. 14, № 4. – С. 101-112. – Пол.
10. The influence of jet links' parameters on the stress loading of tractor's power train sites / З.А. Годжаев, В.В. Шеховцов, Н.С. Соколов-Добрев, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко // Journal of KONES. Powertrain and Transport (Poland). – 2009. – Vol. 16, № 1. – С. 145-156. – Англ.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Соколов-Добрев Н.С.⁴, Шеховцов К.В.⁵

¹Доктор технических наук, доцент; ²доктор технических наук, профессор, ³кандидат технических наук, профессор, ⁴кандидат технических наук, доцент, ⁵аспирант; Волгоградский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОСТИ ЗВЕНЬЕВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ НА ХАРАКТЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВАЛОПРОВОДЕ

Аннотация

Описаны результаты исследований с помощью созданной компьютерной программы влияния коэффициента динамической связанности колебаний звеньев на характер распространения колебаний по валопроводу силовой передачи.

Ключевые слова: силовая передача, крутильные колебания, динамическая связанность колебаний.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Sokolov-Dobrev N.S.⁴, Shekhovtsov K.V.⁵

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor;

⁴Candidate of engineering science, docent; ⁵Post-graduate student; Volgograd State Technical University

INFLUENCE OF POWER CIRCUIT LINKS OSCILLATIONS DYNAMIC CONNECTEDNESS ON TORSIONAL VIBRATIONS PROPAGATION CHARACTER IN THE SHAFTING

Abstract

The article describes the results of research (using the computer program) of the influence of the vibration units dynamic coupling coefficient on the nature of oscillation propagation on the power transmission shafting.

Keywords: power train, torsional vibration, oscillations dynamic connectivity.

1. Введение

Известно [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], что в одних силовых передачах крутильные колебания определенной частоты проходят через весь валопровод практически без гашения, а в других они гасятся на соседних с источником участках.

Изучением процесса распространения колебаний в связанных динамических системах занимался профессор Мандельштам Л. И. В его работах показано, что на процесс распространения колебаний оказывает влияние степень динамической связанности колебаний звеньев системы. Процесс распространения колебаний изучался на примере движения двух маятников [1], соединенных упругой связью. При этом установлено, что если парциальная частота колебаний одного звена этой системы (одного маятника) равна парциальной частоте другого звена (другого маятника), то колебания быстро и практически без гашения передаются от одного звена к другому.

Некоторые положения этих работ могут быть использованы для исследования характера распространения крутильных колебаний в силовых приводах машин [6, 7, 8, 9], являющихся n -массовыми системами, совершающей связанные колебания.

2. Определение степени динамической связанности колебаний звеньев

Для простоты рассмотрим двухзвенную крутильно колеблющуюся модель системы с вращательным движением [2, 4, 6, 8, 9], включающую в себя три массы, соединенные двумя упругими связями (рис. 1). Под звеном будем понимать участок модели, связывающий две колеблющиеся массы.

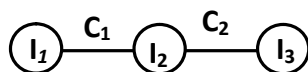


Рис. 1. Двухзвенная модель

Дифференциальные уравнения свободных колебаний звеньев такой модели можно записать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\phi}_1 + C_1(\phi_1 - \phi_2) &= 0, \\ I_2 \ddot{\phi}_2 + C_2(\phi_2 - \phi_3) - C_1(\phi_1 - \phi_2) &= 0, \\ I_3 \ddot{\phi}_3 - C_2(\phi_2 - \phi_3) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где I_i – моменты инерции масс; C_i – крутильная жесткость их связей; $\phi_i, \dot{\phi}_i, \ddot{\phi}_i$ – угловые перемещения, скорости и ускорения масс соответственно.

Введем новые переменные:

$$\phi_1 - \phi_2 = q_1, \quad \phi_2 - \phi_3 = q_2, \quad \ddot{\phi}_1 - \ddot{\phi}_2 = \ddot{q}_1, \quad \ddot{\phi}_2 - \ddot{\phi}_3 = \ddot{q}_2, \quad (2)$$

где q_i и \ddot{q}_i – относительные угловые перемещения и ускорения звеньев соответственно.

Проведя ряд преобразований, в итоге получим систему из двух уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{q}_1 + \omega_{11}^2 q_1 - \omega_{12}^2 q_2 &= 0 \\ \ddot{q}_2 + \omega_{22}^2 q_2 - \omega_{21}^2 q_1 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где ω_{11}, ω_{22} – парциальные частоты звеньев, причем

$$\omega_{11}^2 = \frac{C_1(I_1 + I_2)}{I_1 I_2}, \quad \omega_{22}^2 = \frac{C_2(I_2 + I_3)}{I_2 I_3}, \quad \text{а } \omega_{12}^2 = \frac{C_2}{I_2}, \quad \omega_{21}^2 = \frac{C_1}{I_2}.$$

Частотное, или характеристическое уравнение системы (3) записывается в виде

$$p^4 + a_2 p^2 + a_4 = 0, \quad (4)$$

$$\text{где } a_2 = \omega_{11}^2 + \omega_{22}^2, \quad a_4 = \omega_{11}^2 \omega_{22}^2 - \omega_{12}^2 \omega_{21}^2, \quad \Omega_{1,2} = \sqrt{\frac{\omega_{11}^2 + \omega_{22}^2}{2}} \mp \sqrt{\frac{(\omega_{11}^2 + \omega_{22}^2)^2 - 4(\omega_{11}^2 \omega_{22}^2 - \omega_{12}^2 \omega_{21}^2)}{4}},$$

$\Omega_{1,2}$ – частоты собственных колебаний.

В соответствии с [1], максимальное взаимное влияние колебаний звеньев, или их максимальная динамическая связанность, имеет место при равенстве их парциальных частот, то есть при $\omega_{11} = \omega_{22}$, а степень динамической связанности колебаний звеньев определяется отношением

$$\gamma = \frac{\omega_{12}^2 \omega_{21}^2}{\omega_{11}^2 \omega_{22}^2}. \quad (5)$$

Параметр γ называют *коэффициентом динамической связанности колебаний звеньев*. Он получается из рассмотрения характеристического уравнения (4) и показывает степень отличия от нуля свободного члена a_4 . Когда

$$a_4 = \omega_{11}^2 \omega_{22}^2 - \omega_{12}^2 \omega_{21}^2 = 0, \quad \text{то } \omega_{11}^2 \omega_{22}^2 = \omega_{12}^2 \omega_{21}^2$$

и коэффициент $\gamma = 1$.

Каков физический смысл этого коэффициента? При $\gamma \ll 1$ динамическая связанность звеньев мала – при свободных колебаниях каждое из них будет совершать колебания с частотой, близкой к парциальной, то есть с той, с которой это звено совершало бы колебания, не будучи в составе системы. При этом влияние других звеньев на частоту колебания каждого отдельного звена ничтожно мало. Чем дальше значение коэффициента γ от нуля, тем более возрастает динамическая связанность звеньев, тем более отличаются собственные частоты их колебаний от парциальных и становятся присущими всей системе, а не ее локальным парциальным элементам.

3. Влияние степени динамической связанности звеньев на характер распространения крутильных колебаний

Исследования выполнены на основе трехзвенной системы [8, 9, 10]. В табл. 1 приведены значения моментов инерции масс и коэффициента динамической связанности γ при одинаковой жесткости всех связей системы, равной 100000 Н·м/рад.

Таблица 1 Влияние моментов инерции масс на степень динамической связанности колебаний звеньев

№№ п/п	Моменты инерции масс, кг·м ²				Значение γ
	I_1	I_2	I_3	I_4	
1	0,001	1	1	1	0,2630
2	0,01	1	1	1	0,2650
3	0,1	1	1	1	0,3075
4	1	1	1	1	0,5261
5	10	1	1	1	0,7057
6	100	1	1	1	0,7454
7	1000	1	1	1	0,7512
8	10000	1	1	1	0,7510
9	0,001	1	0,001	1	0,9980
10	0,001	1	0,01	1	0,9803

Как видно из табл. 1, изменение момента инерции первой массы системы от 0,001 до 10000 кг·м² (варианты 1 - 8) вызывает изменение коэффициента γ только в пределах 0,263 - 0,7512, то есть за счет изменения момента инерции одной массы системы от самого нижнего до самого верхнего пределов (для силовых передач автотранспортных средств) не удастся достичь сильной динамической связанности ее звеньев [2, 5, 6, 10]. При изменении же момента инерции еще одной массы системы возможно получение близких к единице значений γ (варианты 9 и 10). Во время исследований колебания на первой массе возбуждались единичным моментом с частотой 1 Гц и анализировался процесс передачи колебательной энергии от одного звена к другому.

Анализ результатов показывает, что при слабой динамической связанности (варианты 1, 4, 7) звеньев не прослеживается закономерность в передаче колебательной энергии от одного звена к другому (рис. 2), при сильной же связанности (рис. 3, вариант 9) значения потенциальной энергии второго и третьего звеньев в каждый момент времени оказываются одинаковыми [2, 3, 4, 9]. Символами W1, W2 и W3 обозначены величины потенциальной энергии закрутки соответствующих участков при колебаниях.

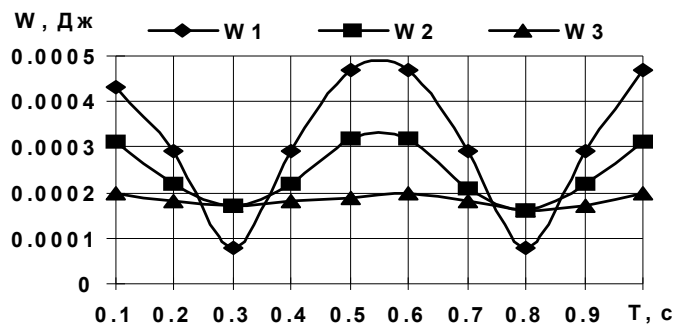


Рис. 2. Слабая динамическая связанность

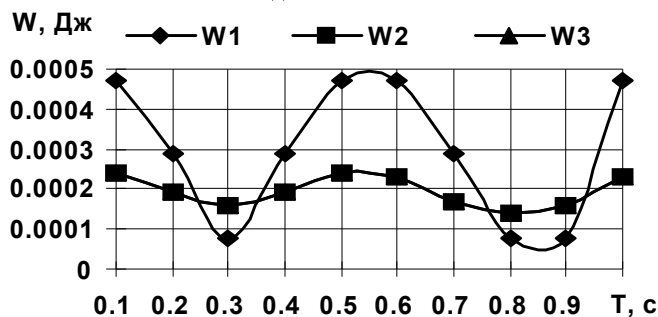


Рис. 3. Сильная динамическая связанность

Из рассмотрения выражения для определения значения коэффициента γ следует, что его значение будет тем более велико, чем более велика разница между произведениями собственных и парциальных частот звеньев системы. В табл. 2 приведены значения собственных и парциальных частот вариантов системы из табл. 1.

Таблица 2 Собственные и парциальные частоты вариантов системы

№№ п/п	Собственные частоты, Гц			Парциальные частоты, Гц		
	1	2	3	1	2	3
1	50	87	1592	10000	447	447
2	50	87	505	3180	447	447
3	49	86	167	1050	447	447
4	38	71	92	447	447	447
5	25	63	90	332	447	447
6	22	62	90	318	447	447
7	22	62	90	316	447	447
8	22	62	90	316	447	447
9	50	1592	2251	10000	10000	10000
10	50	713	1592	10000	3180	3180
11	50	230	1592	10000	1050	1050

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что из рассмотренных только вариант 9 характеризуется тем, что при сильной динамической связанности колебаний все звенья системы имеют одинаковую парциальную частоту колебаний. Для того, чтобы проверить, как этот факт влияет на процесс распространения энергии колебаний, выполнено исследование еще нескольких вариантов модели с сочетаниями упруго-инерционных параметров, приведенными в табл. 3, при которых имеет место одинаковая парциальная частота колебаний всех звеньев [9, 10].

Таблица 3 Варианты с одинаковой парциальной частотой

№№ п/п	Жесткость связей, Н·м/рад			Моменты инерции масс, кг·м ²				Парциальные частоты, Гц			Значение γ
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	
1	10^2	10^2	10^2	1	10^{-3}	1	10^{-3}	316	316	316	0,9982
2	10	10	10	1	10^{-3}	1	10^{-3}	100	100	100	0,9980
3	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	1	10^{-3}	1	10^{-3}	10^4	10^4	10^4	0,9980
4	10^4	10^4	10^4	1	10^{-3}	1	10^{-3}	10^4	10^4	10^4	0,9980

Для каждого из этих вариантов энергия закрутки первого и второго участков системы все время одинакова, то есть подтверждается положение о том, что для передачи одинаковых значений колебательной энергии от участка к участку необходимым условием является наличие сильной динамической связанности колебаний звеньев системы и одинаковых значений парциальных частот их колебаний [2, 3, 4, 5].

Влияет ли частота сигнала возбуждения на характер процесса распространения колебательной энергии? Для получения ответа на этот вопрос выполнено исследование для вариантов системы с одинаковыми парциальными частотами звеньев при возбуждении колебаний с частотами 0,1 Гц, 5 Гц и 10 Гц [2, 4, 5, 6]. Для примера результат с сигналом частотой 0,1 Гц приведен на рис. 4.

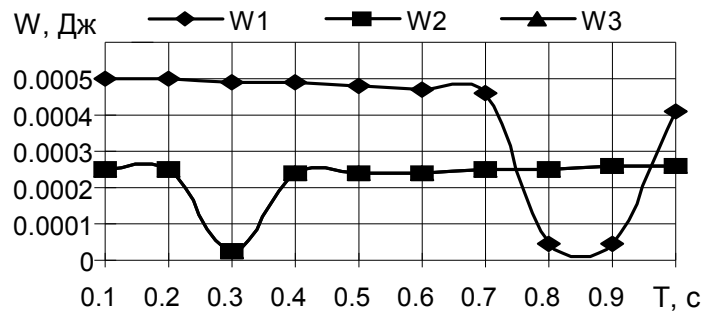


Рис. 4. При колебаниях с частотой 0,1 Гц

Анализ зависимостей на рис. 4 свидетельствует о том, что изменение частоты сигнала возбуждения не оказывает влияния на характер передачи колебательной энергии между вторым и третьим участками системы – кривые W2 и W3 совпадают. С увеличением частоты сигнала возбуждения до 10 Гц значения средней потенциальной энергии закрутки участков в каждый момент времени становятся одинаковыми.

Приведенные результаты получены на основе изучения свойств четырехмассовой системы. Насколько они справедливы для систем с большим числом масс? Для получения необходимых данных выполнены исследования характера распространения колебательной энергии шестимассовой и семимассовой системами, которые получены на основе четырехмассовой системы путем добавления звеньев с таким же чередованием значений моментов инерции масс [8, 9, 10]. Для примера результаты исследования для семимассовой системы приведены на рис. 5.

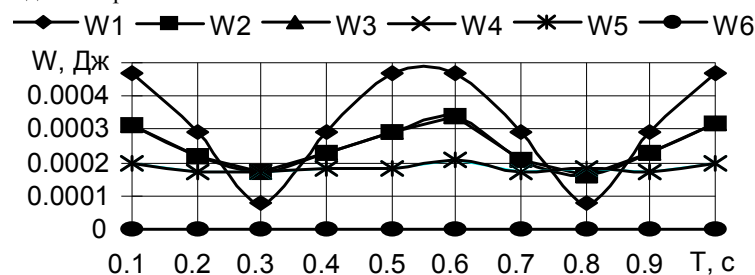


Рис. 5. Результаты для семимассовой системы

Анализ результатов всего комплекса выполненных исследований позволил выявить ряд закономерностей, которому подчиняется характер распространения крутильных колебаний в системах с вращательным движением. Они отражены в выводах.

4. Выводы

Характер передачи энергии крутильных колебаний от одного участка в системах с вращательным движением к другому определяется сочетанием упруго-инерционных параметров их элементов и порядком их соединения. Энергия колебаний от участка к участку передается без потерь, если выполняются следующие условия:

- а) динамическая связанность колебаний звеньев системы сильная;
- б) парциальные частоты колебаний всех звеньев системы одинаковы;
- в) передача энергии осуществляется от участка, начинающегося массой с большим моментом инерции и заканчивающегося массой с малым моментом инерции, на участок, начинающийся массой с малым моментом инерции и заканчивающийся массой с большим моментом инерции, причем значение большего момента инерции должно минимум на порядок превышать значение меньшего.

Литература

1. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. – М., Наука, 1972. – 472 с.
2. Шеховцов, В.В. Wpływ parametrów modelu układu napędowego na sprzężenie dynamiczne drgań jego elementów / В.В. Шеховцов // Napędy i sterowanie = Приводы и управление. – 2000. – № 3. – С. 30-32. – Пол.
3. Шеховцов, В.В. Исследование свойств силовой передачи, влияющих на распространение крутильных колебаний / В.В. Шеховцов // Motauto'97: proceeding = тр. [конф.], 15-17 oct. 1997.- Russe (Болгария), 1997.- Vol. II.- С. 264-269.
4. Шеховцов, В.В. Wpływ sprzężeń dynamicznych i parametrów ogniów modelu układu napędowego na przepływ energii drgań skrętnych / В.В. Шеховцов // Napędy i sterowanie = Приводы и управление. – 2002. – № 11. – С. 15-18. – Пол.
5. Исследование способности участков трансмиссии к передаче крутильных колебаний / В. Борковски, Э. Цыпко, Б. Михаловски, А.В. Победин, В.В. Шеховцов, Н.С. Соколов-Добрев // Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych. Pojazdy'2005: Zbiór referatów IX Międzynar. Sympozjum IPMiT, Rynia, 22-24 czerwca 2005 / Wojskowa Akad. Techn. [и др.]. – Warszawa-Rynia, 2005. – Т. 1. – С. 91-102.
6. Шеховцов, В.В. Влияние динамических параметров элементов силовой передачи на колебания в её валопроводе / В.В. Шеховцов // ENGINEERING'97: [тр. междунар. науч.-техн. конф.]. – Братислава, 1997.
7. Шеховцов, В.В. Исследование свойств силовой передачи, влияющих на распространение крутильных колебаний / В.В. Шеховцов // Motauto'97: proceeding = тр. [конф.], 15-17 oct. 1997. – Russe (Болгария), 1997. – Vol. II. – С. 264-269.
8. Шеховцов, В.В. The investigation of the nature of oscillations energy transfer via the shaft line of vehicles / В.В. Шеховцов // Heavy Machinery: [тр. междунар. науч.-техн. конф.]. – Крайево, 1999.
9. Шеховцов, В.В. Wpływ parametrów i sprzężenia dynamicznego drgań ogniów modelu układu napędowego na przepływ energii drgań skrętnych / В.В. Шеховцов // Doskonalenie konstrukcji oraz metod eksploatacji pojazdów mechanicznych = Совершенств. констр. и методов эксплуатации мех. трансп. средств : сб. ст. VIII междунар. симпоз., (11-13 дек. 2002) / Воен.-техн. акад. [и др.]. – Warszawa-Rynia (Польша), 2002. – Cz. II. – С. 247-252.
10. Шеховцов, В.В. Изменение динамической связанности звеньев силовой передачи при изменении ее параметров / В.В. Шеховцов // Надежность и безопасность технических систем: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., окт. 1997 / Ин-т надежн. машин НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 1997. – С. 165-166.

ВЛИЯНИЕ НА ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ УПРУГО-ИНЕРЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАКТОРА ВТ-100

Аннотация

В статье представлены результаты расчетного исследования влияния изменения упругих и инерционных параметров элементов силовой передачи трактора на изменение частот собственных колебаний ее масс.

Ключевые слова: силовая передача, динамическая модель, собственные частоты крутильных колебаний.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Sokolov-Dobrev N.S.⁴, Shekhovtsov K.V.⁵

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor;

⁴Candidate of engineering science, docent; ⁵Post-graduate student; Volgograd State Technical University

EFFECT OF NATURAL OSCILLATIONS OF ELASTIC-INERTIAL PARAMETERS OF VT-100 TRACTOR POWER TRANSMISSION ELEMENTS ON FREQUENCIES

Abstract

The article describes the results of calculational research of effect of change of elastic and inertial parameters of tractor's power train elements on change of natural oscillations of its masses frequencies.

Keywords: power transmission, dynamic model, natural frequencies of torsional vibrations.

Одной из важнейших характеристик силовой передачи как динамической системы является спектр частот собственных колебаний. Частотные свойства передачи зависят от упруго-инерционных параметров составляющих ее элементов. При этом известно, что в ряде случаев даже незначительное изменение параметров приводит к существенному изменению одной или нескольких собственных частот передачи и возникновению резонансов, а порой даже значительные изменения этих параметров не вносят заметных изменений в собственный спектр. Поэтому при проектировании или модернизации передачи существенно важной является информация о том, какое влияние на ее собственный частотный спектр оказывают упруго-инерционные параметры каждого из элементов.

Основными динамическими нагрузками, действующими в эксплуатации на силовую передачу гусеничной машины во время установившегося движения, являются следующие:

- 1) тяговое сопротивление; частота его изменения в зависимости от вида работы и агрегируемого орудия обычно составляет от 0,1 до 3 Гц;
- 2) передаваемые через ходовую часть возмущения от неровностей почвенного фона и раскачивания машины на подвеске; в зависимости от скорости движения их частота обычно изменяется в диапазоне от 0,5 до 5 Гц;
- 3) возмущения от перемотки гусеницы; для разных скоростей движения и шагов гусениц частота возмущений изменяется от 5 до 35 Гц;
- 4) крутящий момент двигателя. Максимальная частота вращения валов устанавливаемых на ВТ-100 двигателей 2000-2100 об/мин, то есть 33 – 34,5 Гц. Принято учитывать повреждающее воздействие от гармоник не выше 4 порядка [2], тогда наивысшая частота возмущений от момента двигателя находится в пределах 120 – 150 Гц;
- 5) возмущения от переацепления шестерен, неравномерности вращения кардана, от несоосности соединений, от деформаций деталей при силовом взаимодействии, от крутильных и изгибных колебаний в валопроводе – частота этих возмущений от 5 до 1000 Гц и выше. Как не вносящие существенного вклада в суммарное повреждающее воздействие эти локальные возмущения большинством авторов не учитываются.

В связи с изложенным, наиболее опасными для силовой передачи трактора представляются колебания с частотами в диапазоне 0-150 Гц, на которых возможны резонансы с основными нагружающими воздействиями.

Исходя из первостепенной важности информации о собственных частотах и их изменении при изменении параметров элементов, на основе разработанного программного комплекса [1] выполнено исследование изменения собственных частот силовой передачи трактора ВТ-100. Начальная полная динамическая модель передачи [3] представлена на рис. 1, редуцированная – на рис. 2.

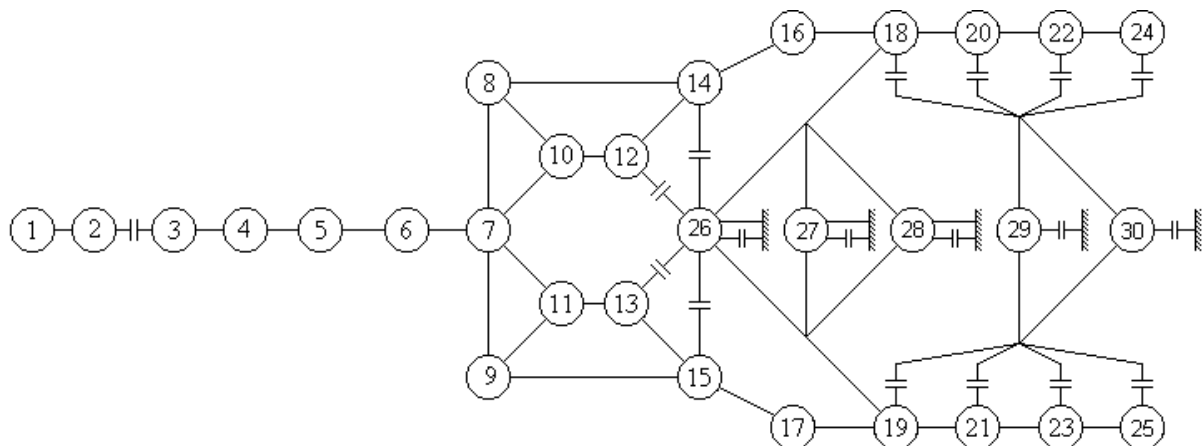


Рис. 1. Полная динамическая модель силовой передачи:

1 – двигатель; 2 – маховик; 3 – ведомые элементы муфты сцепления; 4 – передний шарнир карданной передачи; 5 – ведущие элементы КПП; 6 – ведомые элементы КПП; 7 – главная передача и водило ПМП; 8, 9 – солнечные шестерни ПМП; 10, 11 – водила ПМП; 12, 13 – шкивы фрикционных; 14, 15 – конечные передачи; 16, 17 – ведущие колеса; 18, 19 – задние опорные катки; 20, 21, 22, 23 – средние опорные катки; 24, 25 – передние опорные катки; 26 – момент инерции остова относительно поперечной оси; 27 – момент инерции остова относительно продольной оси; 28 – подрессоренная масса трактора; 29 – полная масса трактора; 30 – момент инерции трактора относительно вертикальной оси

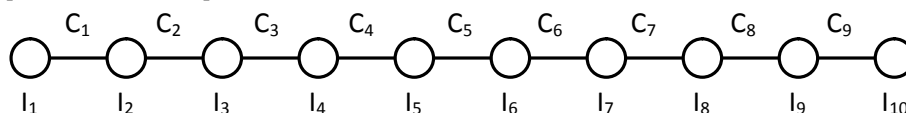


Рис. 2. Редуцированная динамическая модель силовой передачи

В полной модели имеются массы, момент инерции которых на порядки меньше момента инерции других масс (например, масса 4). В соответствии с принятыми нормами [2], такие элементы модели подвергаются редукции – их момент инерции перераспределяется между соседними массами. Динамические параметры элементов передачи левого и правого бортов при разветвлении силового потока после главной передачи приняты одинаковыми, что дает основание для представления передачи в виде цепной модели. В результате получена редуцированная до 10 масс (рис. 2) цепная модель, на базе которой и выполнено исследование. В табл. 1 приведены значения моментов инерции масс этой модели и жесткости их связей при включенной в КПП третьей передаче, на которой выполняется основная часть сельскохозяйственных работ.

Таблица 1 Упруго-инерционные параметры элементов модели

Моменты инерции масс (приведены к оси ведущего колеса)		
Обознач. массы	Узел	Момент инерции, кг·м ²
I_1	Двигатель и ведущие элементы муфты сцепления	1302,40
I_2	Ведомые элементы муфты сцепления	48,10
I_3	Карданный вал	5,45
I_4	Ведущие элементы коробки передач	41,17
I_5	Ведомые элементы коробки передач	68,00
I_6	Главная передача	50,78
I_7	Водило ПМП и шкив фрикциона	4,38
I_8	Конечная передача и шкив остановочного тормоза	3,86
I_9	Гусеничный обвод и вращающиеся детали ходовой системы	28,8
I_{10}	Поступательно движущаяся масса МТА	1558,0
Жесткость участков валопровода (приведена к оси ведущего колеса)		
Обознач. участка	Участок	Жесткость, Н·м/рад
C_1	Двигатель – ведомые элементы муфты сцепления	12480000
C_2	Ведомые элементы муфты – карданный вал	203600000
C_3	Карданный вал – ведущие элементы коробки	3040000
C_4	Ведущие – ведомые элементы коробки	35110000
C_5	Ведомые элементы коробки – главная передача	781020000
C_6	Главная передача – механизм поворота	131100000
C_7	Механизм поворота – конечная передача	19460000
C_8	Конечная передача – ходовая система	16670000
C_9	Ходовая система – массы трактора и плуга	20850000

Методика исследования [4] предусматривает уменьшение-увеличение в 2 раза по сравнению с номинальным значения упругого или инерционного параметра одного элемента при фиксированных (номинальных) значениях параметров остальных элементов модели. На каждом шаге изменения рассчитываются собственные частоты.

Результаты исследований влияния изменения жесткости связей на частоты собственного спектра представлены в табл. 2, влияния моментов инерции масс – в табл. 3.

В диапазоне частот 0 – 150 Гц находятся в основном значения первых трех собственных частот модели. В некоторых случаях (см. табл. 2) в этом диапазоне оказываются также значения четвертой собственной частоты.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что только при изменении жесткости связей C_1 , C_3 , C_4 , C_7 , C_8 и C_9 первая собственная частота изменяется на 5 – 20 %, изменение жесткости остальных связей не вызывает ее изменения.

Вторая собственная частота при изменении жесткости участков C_1 , C_3 , C_4 , C_6 , C_7 , C_8 и C_9 изменяется в пределах 3 – 18 % от номинального значения, изменение жесткости остальных участков не влечет за собой изменения ее величины.

Наиболее существенно изменяется третья собственная частота. При изменении C_1 она изменяется почти на 90 % от номинального значения, C_3 – на 10 %. Варьирование жесткости остальных связей не вызывает существенного изменения ее величины.

На четвертую собственную частоту наибольшее влияние оказывает изменение жесткости связей C_4 и C_7 – C_9 , при этом ее максимальное изменение составляет 20 %.

Таблица 2 Изменение собственных частот при изменении жесткости связей

Изменяемый параметр	Собственные частоты, Гц								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал	7,5	36,6	86,8	157,3	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$C_1/2$	7,1	35,3	67,6	157,3	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$2C_1$	7,8	37,3	116,7	157,4	176,8	473,8	792,5	1006,7	1033,2
$C_2/2$	7,5	36,6	86,8	157,4	176,8	473,9	792,5	902,0	1006,8
$2C_2$	7,6	36,7	88,9	157,4	176,8	473,9	792,5	1006,8	1456,2
$C_3/2$	7,3	36,2	85,9	157,2	176,3	473,8	792,5	1006,7	1032,2
$2C_3$	8,8	39,3	94,1	158,1	180,7	473,8	792,5	1006,7	1039,0
$C_4/2$	7,3	36,6	86,0	126,7	161,0	473,7	790,8	1006,6	1032,9
$2C_4$	7,6	36,6	87,1	159,2	241,8	474,2	796,1	1007,1	1032,9
$C_5/2$	7,5	36,6	86,8	156,9	176,3	468,7	584,6	982,1	1032,9
$2C_5$	7,5	36,6	86,8	157,5	177,0	475,0	929,5	1032,9	1207,0
$C_6/2$	7,5	36,1	86,8	155,7	176,5	446,9	718,1	859,8	1032,9
$2C_6$	7,5	36,9	86,8	158,1	176,9	485,4	807,0	1032,9	1342,5
$C_7/2$	7,2	33,4	86,8	149,4	175,0	423,1	777,7	982,4	1032,9
$2C_7$	7,7	38,8	86,8	162,6	179,6	537,8	817,6	1032,9	1070,8
$C_8/2$	7,2	32,9	86,8	152,0	174,7	409,0	791,8	1006,3	1032,9
$2C_8$	7,7	39,3	86,8	161,0	179,5	583,8	794,7	1007,9	1032,9
$C_9/2$	7,2	28,8	86,4	128,3	165,7	301,0	501,2	785,3	1032,9
$2C_9$	7,6	38,9	86,8	173,4	208,6	474,7	792,5	1006,7	1032,9

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что уменьшение-увеличение момента инерции масс I_7 и I_8 в два раза не влияет на изменение основных собственных частот в диапазоне 0-150 Гц, а сказывается только на изменении более высоких частот.

Наиболее интенсивное влияние на изменение первой собственной частоты оказывает изменение массы I_1 – она изменяется на 40 %, при изменении массы I_{10} – на 28 %. Влияние изменения моментов инерции остальных масс не существенно.

Вторая собственная частота при изменении момента инерции массы I_5 изменяется на 40 %. При изменении I_4 она изменяется на 14 %, I_6 – на 19 %.

Третья собственная частота модели изменяется только при изменении момента инерции масс I_2 и I_3 , причем при изменении I_2 – на 56 %, при изменении I_3 – на 8 %.

Таблица 3 Изменение собственных частот при изменении моментов инерции масс

Изменяемый параметр	Собственные частоты, Гц								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал	7,5	36,6	86,8	157,3	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$2I_1$	6,4	36,5	86,2	157,3	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$I_2/2$	7,5	36,7	114,8	157,4	177,0	473,8	792,5	1006,7	1081,9
$2I_2$	7,5	36,4	64,3	157,3	176,7	473,9	792,5	1006,7	1006,8
$I_3/2$	7,5	36,6	89,0	157,3	176,8	473,8	792,5	1006,7	1424,9
$2I_3$	7,5	36,6	82,9	157,3	176,7	473,8	766,4	792,5	1006,7
$I_4/2$	7,5	38,8	86,8	159,7	231,3	473,9	792,5	1006,7	1032,9
$2I_4$	7,5	33,0	86,8	135,1	162,4	473,8	792,4	1006,7	1032,8
$I_5/2$	7,5	40,6	87,1	157,3	184,5	476,3	907,3	1032,9	1056,7
$2I_5$	7,5	31,3	86,5	157,3	169,1	470,8	707,7	997,3	1032,9
$I_6/2$	7,5	39,5	87,0	157,4	182,8	474,0	866,2	1032,9	1159,1
$2I_6$	7,5	32,4	86,5	157,2	169,7	473,6	696,6	965,3	1032,9
$I_7/2$	7,5	36,6	86,8	155,1	174,8	345,3	484,0	1032,9	1348,4
$2I_7$	7,5	36,2	86,8	157,2	176,1	565,0	664,6	879,3	1032,9
$I_8/2$	7,5	36,7	86,8	158,7	176,8	642,5	807,5	1018,7	1032,9
$2I_8$	7,5	36,4	86,8	154,2	176,7	346,5	789,0	1003,0	1032,9
$I_9/2$	7,5	36,7	86,8	173,0	220,9	484,4	792,5	1006,7	1032,9
$2I_9$	7,5	36,4	86,8	115,0	174,8	469,4	792,5	1006,7	1032,9
$I_{10}/2$	8,9	37,7	86,8	158,0	176,8	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$2I_{10}$	6,6	36,1	86,8	157,0	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9
$2I_{11}$	6,4	36,5	86,2	157,3	176,7	473,8	792,5	1006,7	1032,9

На величину четвертой собственной частоты оказывает влияние только изменение момента инерции массы I_9 , при его увеличении в два раза частота уменьшается на 25 %.

Выводы

1. Первая собственная частота динамической модели силовой передачи трактора ВТ-100 (7,5 Гц) не входит в диапазон собственных частот колебаний остова на подвеске, не входит также в диапазон возбуждений от перемотки гусеницы, что является благоприятным фактором с точки зрения возникновения резонансных явлений. Но резонансы с этой частотой все же возможны – например, при движении машины с малой скоростью, когда эта частота может войти в диапазон частот возбуждений от перемотки гусеницы. Для ее изменения в этом случае с целью отстройки от резонанса наиболее эффективно изменение момента инерции двигателя. Отстройку обеспечивает также изменение момента инерции всего машинно-тракторного агрегата. Наиболее реально выполнить отстройку за счет изменения жесткости элементов муфты сцепления (связь C_1 модели), карданного вала (связь C_3), валов коробки передач (связь C_4) и других элементов трансмиссии от коробки до конечной передачи. При этом в каждом отдельном случае изменения в два раза этих упруго-инерционных параметров первая собственная частота изменяется на 5-20 %.

2. Вторая собственная частота – 36,6 Гц – может совпадать с первой гармоникой двигателя. Отстройку от резонанса с ней обеспечивает изменение момента инерции масс от коробки передач по главную передачу включительно либо изменение жесткости практически каждого участка от двигателя до конечной передачи, что в каждом конкретном случае изменения изменяет вторую собственную частоту на 3-18 %.

3. Третья собственная частота – 86,8 Гц – может совпадать со второй, двухсполовинной или третьей гармониками двигателя. Отстройку от резонанса с этой частотой обеспечивает либо изменение момента инерции ведомых элементов муфты сцепления и карданного вала, либо изменение жесткости связи на участке двигатель – муфта сцепления, при этом ее значение возможно изменить на величину до 90 % от номинальной.

4. На четвертой собственной частоте – 157,3 Гц – возможны резонансы с четвертой гармоникой двигателя. Для отстройки наиболее эффективно уменьшить жесткость валов коробки передач (связь C_4) либо увеличить жесткость участков трансмиссии от механизма поворота до ведущего колеса (связи C_7 – C_9). Отстройку обеспечивает также изменение момента инерции вращающихся деталей ходовой системы.

Литература

1. Собственные частотные свойства силовой передачи трактора ВТ-100 / В.В. Шеховцов, Вл.П. Шевчук, С.В. Зленко, И.А. Долгов, В.В. Косенко, А.О. Куликов // Прогресс транспортных средств и систем – 2002: Матер. междунар. науч.-практич. конф., Волгоград, 8-11 октября 2002 г. / ВолГГТУ и др. – Волгоград, 2002. – Часть 2. – С. 63-65.
2. Шеховцов В.В. Автоматизированная система компьютерного исследования динамики силовой передачи на различных режимах // Совершенствование рабочих органов сельхозмашин и агрегатов: Тез. докл. – Барнаул, 1994. – С. 116.
3. Шеховцов, В.В. Некоторые особенности проведения крутильных колебаний валопроводом силовой передачи транспортного средства / В.В. Шеховцов // Наземные транспортные системы: Межвуз. сб. науч. тр. / ВолГГТУ. – Волгоград, 2000. – С. 23-26.
4. Исследование прохождения крутильных колебаний по валопроводу силовой передачи трактора ВТ-100 / В.В. Шеховцов, Вл.П. Шевчук, С.В. Зленко, И.А. Долгов, В.В. Косенко, А.О. Куликов // Прогресс транспортных средств и систем – 2002: Матер. междунар. науч.-практич. конф., Волгоград, 8-11 октября 2002 г. / ВолГГТУ и др. – Волгоград, 2002. – Часть 2. – С. 66-68.
5. Шеховцов, В.В. Zautomatyzowane wyznaczanie wartości parametrów elementów modelu dynamicznego układu napędowego = Автоматизированное определение параметров элементов динамической модели силовой передачи / В.В. Шеховцов // Napędy i sterowanie = Приводы и управление (польск.). – 2000. – № 6. – С. 14-15.
6. Шеховцов, В.В. Динамическая модель силовой передачи гусеничного трактора / В.В. Шеховцов // ENGINEERING'97: [тр. междунар. науч.-техн. конф.]. – Братислава, 1997. – С. 80-83.

7. Шеховцов, В.В. Автоматизированная система формирования динамической модели произвольной силовой передачи / В.В. Шеховцов // Совершенствование рабочих органов сельхозмашин и агрегатов: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. / Алтайск. гос. техн. ун-т. – Барнаул, 1994. – С. 58-59.
8. Шеховцов, В.В. Propagation of torsional oscillations in the power transmission model of vehicles / В.В. Шеховцов // Проблемы развития автомобилестроения в России: Тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф., 13-15.10.1998 г. – Тольятти, 1998. – С. 129-130.
9. Шеховцов, В.В. Справочные графические комплексы для формирования спектра собственных частот силовой передачи / В.В. Шеховцов // Справочник. Инженерный журнал. – 1998. – № 11. – С. 59-64.
10. Шеховцов, В.В. Нагруженность силовых передач тягово-транспортных средств / В.В. Шеховцов // Наземные транспортные системы: Межвуз. сб. науч. тр. / ВолгГТУ. – Волгоград, 1999. – С. 60-65.

Шеховцов В.В.¹, Ляшенко М.В.², Шевчук В.П.³, Победин А.В.⁴, Соколов-Добрев Н.С.⁵, Шеховцов К.В.⁶

¹Доктор технических наук, доцент; ² доктор технических наук, профессор, ³кандидат технических наук, профессор, ⁴кандидат технических наук, профессор, ⁵кандидат технических наук, доцент, ⁶аспирант; Волгоградский государственный технический университет

СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ КАБИНЫ ТРАКТОРА

Аннотация

В статье описаны результаты разработки и создания новых технических решений стенов для испытания виброизоляторов, используемых в подвеске кабин тракторов.

Ключевые слова: стенд для испытаний виброизоляторов, нагружающее устройство, осевая и боковая нагрузка на виброизолятор.

Shekhovtsov V.V.¹, Lyashenko M.V.², Shevchuk V.P.³, Pobedin A.V.⁴, Sokolov-Dobrev N.S.⁵, Shekhovtsov K.V.⁶

¹Doctor of Engineering Science, docent; ²Doctor of Engineering Science, professor; ³Candidate of engineering science, professor; ⁴Candidate of engineering science, professor; ⁵Candidate of engineering science, docent; ⁶Post-graduate student; Volgograd State Technical University

TECHNICAL SOLUTIONS OF TESTING STANDS FOR TRACTOR CABIN VIBRATION ISOLATORS

Abstract

The article describes the results of design and development of new technical solutions of testing stands for vibration isolators, that are used in tractor cabin suspension systems.

Keywords: vibration isolators testing stand, loading device, axial and lateral load on vibration isolators.

На кафедре «Автомобиле- и тракторостроение» ВолгГТУ создано стендовое оборудование [2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11] для исследования статических, динамических и ресурсных характеристик виброизоляторов, используемых в подвеске кабины трактора. Оно позволяет определять целый ряд параметров виброизоляторов и производить их сравнительную оценку, используя возможности ЭВМ.

Принципиальная схема стенда для испытаний виброизоляторов в режиме свободных колебаний приведена на рис. 1.

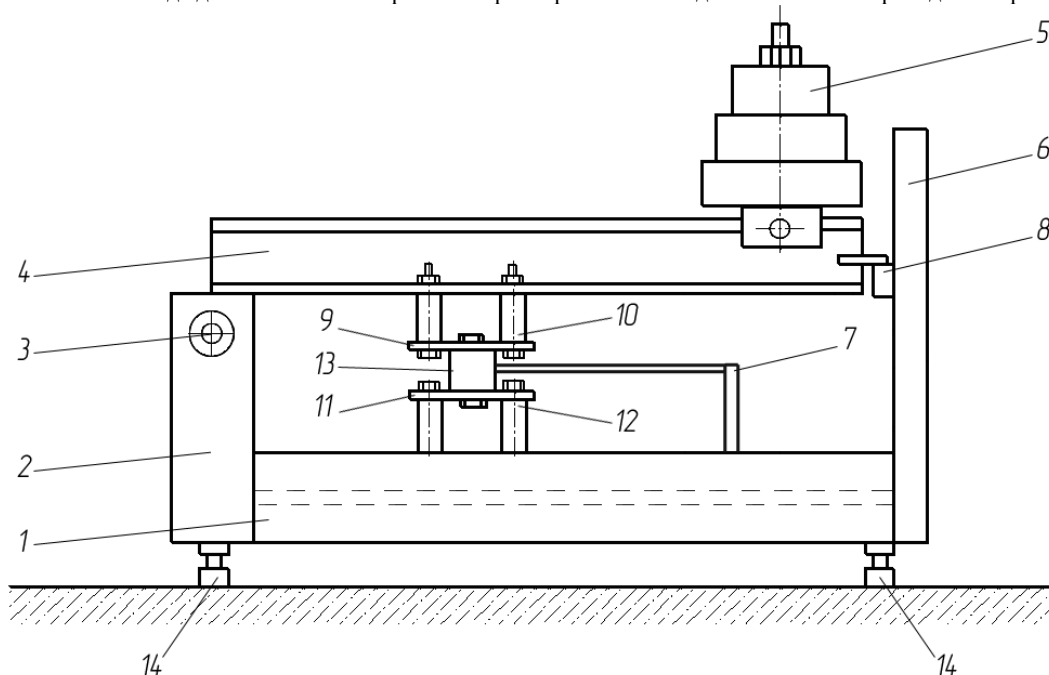


Рис. 1. Схема стенда для испытаний виброизоляторов:

1 – рама стенда; 2, 6 – вертикальные стойки; 3 – ось качания; 4 – качающийся рычаг; 5 – груз; 7 – устройство регистрации деформаций; 8 – спусковое устройство; 9 – верхняя опора испытуемого виброизолятора; 10, 12 – опорные ножки; 11 – нижняя опора испытуемого виброизолятора; 13 – испытуемый виброизолятор; 14 – болты крепления рамы

Стенд [2, 3, 9, 10, 11] представляет из себя механическую колебательную систему, в качестве упругого элемента в которой используется исследуемый виброизолятор. Величины деформации упругого элемента и действующей на него осевой нагрузки преобразуются в электрические сигналы (с помощью системы тензометрических датчиков). Сигналы подаются для обработки и анализа на ЭВМ через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Поставляемый вместе с АЦП программный комплекс ZetLab позволяет осуществить запись процессов свободных и вынужденных колебаний поддрессорируемой массы, а также выполнить анализ характеристик колебательного процесса. На конструкцию стенда получен патент на полезную модель [4]. Технические характеристики стенда позволяют в широком диапазоне изменять статическую нагрузку на виброизолятор (от 0 до 3000 Н) и испытывать виброизоляторы высотой до 140 мм, а также менять величину возбуждающего импульса.

Конструкция стенда позволяет легко менять инерционные характеристики поддрессорируемой массы за счет выбора массы груза и координат его размещения на качающемся рычаге. Возможно также изменять плечо действующей на виброизолятор вертикальной нагрузки за счет изменения координат установки виброизолятора относительно оси качания рычага. За счет того, что на стенд возможна установка различных по длине опорных ножек верхней и нижней опор виброизолятора, обеспечивается возможность испытания на стенде виброизоляторов с разными осевыми габаритами и жесткостью.

Виброизоляторы с упруго-демпфирующим элементом из эластомера имеют нелинейные упругие и демпфирующие характеристики, причем для одного и того же виброизолятора эти характеристики при действии осевых и боковых нагрузок могут быть существенно разными [1, 8]. При действии на подобные виброизоляторы имеющих место в эксплуатации нагрузок с осевой и боковой составляющими обычно только экспериментальным путем можно определить, какая часть воздействующих на виброизолятор составляющих этих нагрузок передается им поддрессорируемому объекту. Поэтому при использовании таких виброизоляторов в подвеске кабины необходимо проведение предварительных исследовательских испытаний, позволяющих выявить свойства виброизоляторов, определяющие характер трансформации и передачи на поддрессорируемую кабину нагрузок с осевой и боковой составляющими. Для выполнения таких исследовательских испытаний предложена схема [6] устанавливаемого в стенд устройства для нагружения виброизолятора имеющей место в эксплуатации комбинацией вертикальных и боковых нагрузок (рис. 2).

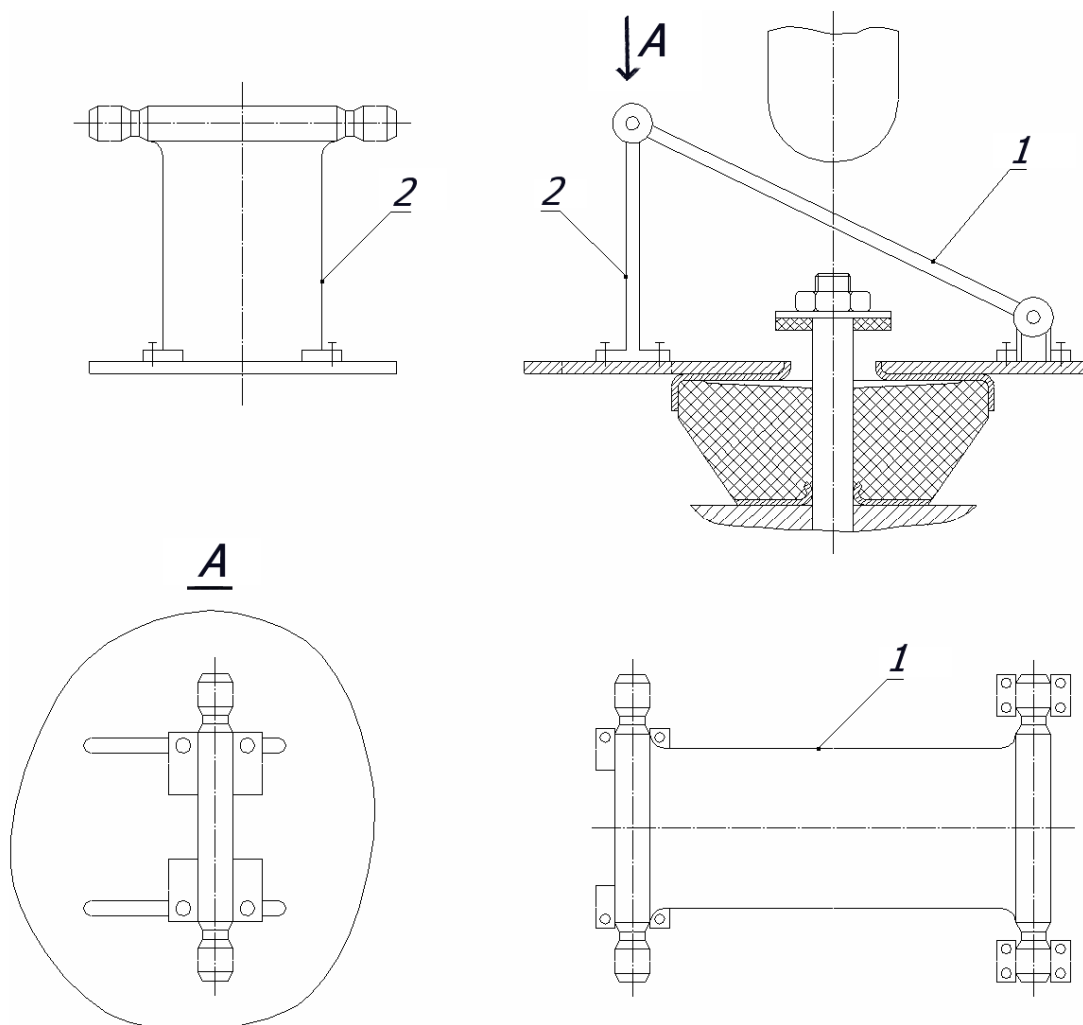


Рис. 2. Схема устройства для нагружения виброизолятора комбинацией вертикальных и боковых нагрузок

Устройство включает в себя наклонно установленную опорную плиту 1, шарнирно связанную с пластиной, контактирующей с верхним основанием виброизолятора, причем одна из стоек (стойка 2) имеет возможность перемещаться по опорной плите и фиксироваться болтами в выполненных в пластине пазах (вид А). При этом изменяется угловое положение опорной плиты 1, что позволяет воспроизводить разные по величине боковые нагрузки. Для регистрации процессов изменения величин передаваемых виброизолятором поддрессорируемой кабине осевых и боковых составляющих нагружающего усилия при импульсном воздействии (срабатывании спускового устройства 8, см. рис. 1) четыре опорные ножки нижней опоры испытуемого виброизолятора снабжены тензодатчиками.

При установке виброизоляторов в подвеску необходима информация о том, в течение какого срока эксплуатации будет обеспечена требуемая виброизоляция кабины при заданных нагрузках и как будут меняться упруго-демпфирующие характеристики эластомерного материала виброизоляторов по мере истечения этого срока.

Виброизоляторы в эксплуатации испытывают нагрузки со статической и динамической составляющими. Статическая составляющая при вертикальных колебаниях – это вес поддрессорируемого объекта, то есть кабины, при угловых – ее момент инерции в продольном или поперечном направлениях. Динамическая составляющая – это переменные во времени воздействия со стороны рамы, возникающие при выполнении трактором рабочих функций.

В результате действия динамической составляющей, то есть совокупности переменных нагрузок, имеющих достаточно широкие диапазоны изменения амплитуд и спектры частот, виброизоляторы постоянно работают в режиме вынужденных колебаний. Для выявления их ресурсных показателей при действии нагрузок, законы изменения которых максимально приближены к эксплуатационным, создан специальный стенд (рис. 3).

Нагрузочное устройство стенда (рис. 3 а) включает в себя [5, 7] установленный на отдельном основании 1 приводной электродвигатель 2 постоянного тока с регулируемой частотой вращения, вал которого через компенсационную муфту 3 связан с валом 4, на конце которого установлен нагружающий кулачок-эксцентрик 5. Для воспроизведения необходимого закона нагружения изготавливаются кулачки с соответствующим профилем (рис. 3 б). Во время испытаний величина действующей на виброизолятор статической составляющей нагрузки задается весом груза, амплитуда динамической составляющей – профилем кулачка-эксцентрика, а ее частота – частотой вращения вала приводного электродвигателя.

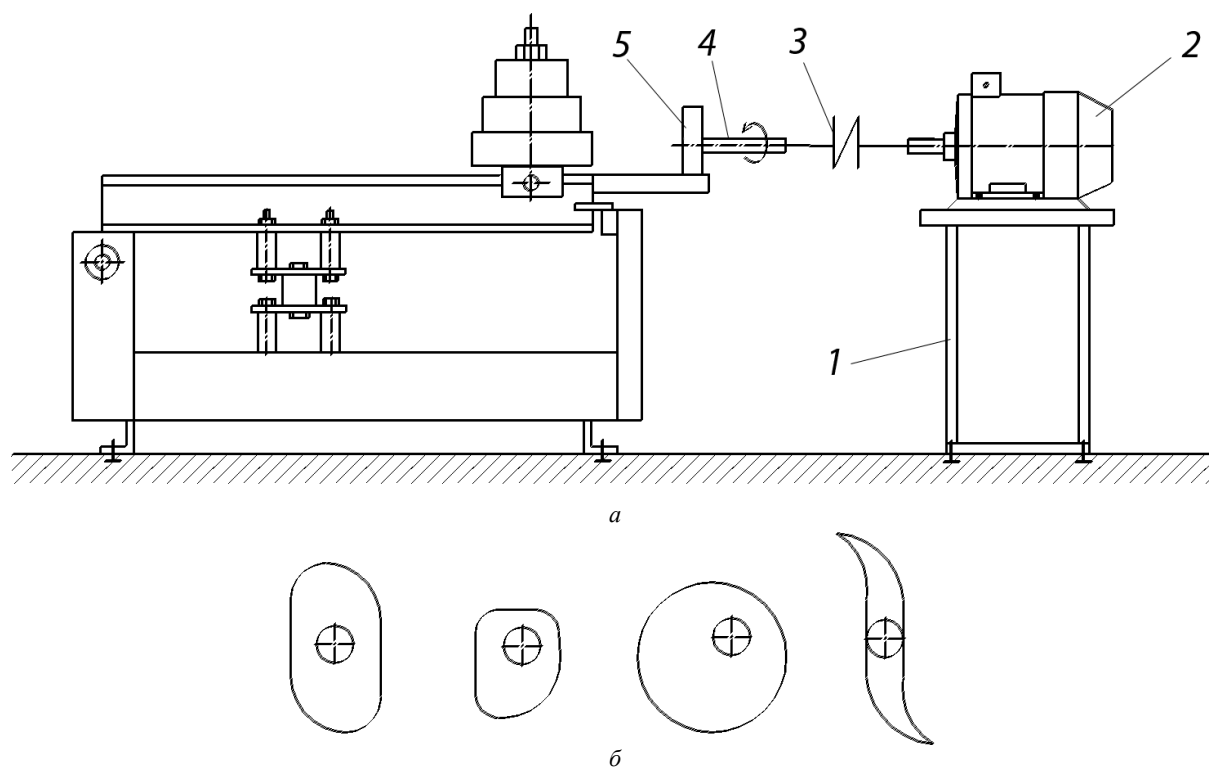


Рис. 3. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных колебаний:

a – схема стенда; *б* – профили кулачков-эксцентриков

Предложен также вариант стенда с генерацией вынужденных колебаний инерционным возбудителем (рис. 4). Нагрузочное устройство стенда [4] включает в себя приводной электродвигатель 1 постоянного тока с регулируемой частотой вращения, установленный на опорной площадке 2, жестко связанной с качающимся рычагом 3. На валу этого электродвигателя устанавливается эксцентриковая маховая масса 4, величиной которой и расстоянием от ее центра тяжести до оси вращения (то есть величиной эксцентриситета) определяется амплитуда действующего на виброизолятор нагружающего усилия, а частотой вращения вала приводного электродвигателя задается частота изменения этого усилия.

Представленный на рис. 4 стенд обеспечивает возможность воспроизведения как статической, так и динамической составляющих эксплуатационных нагрузочных режимов.

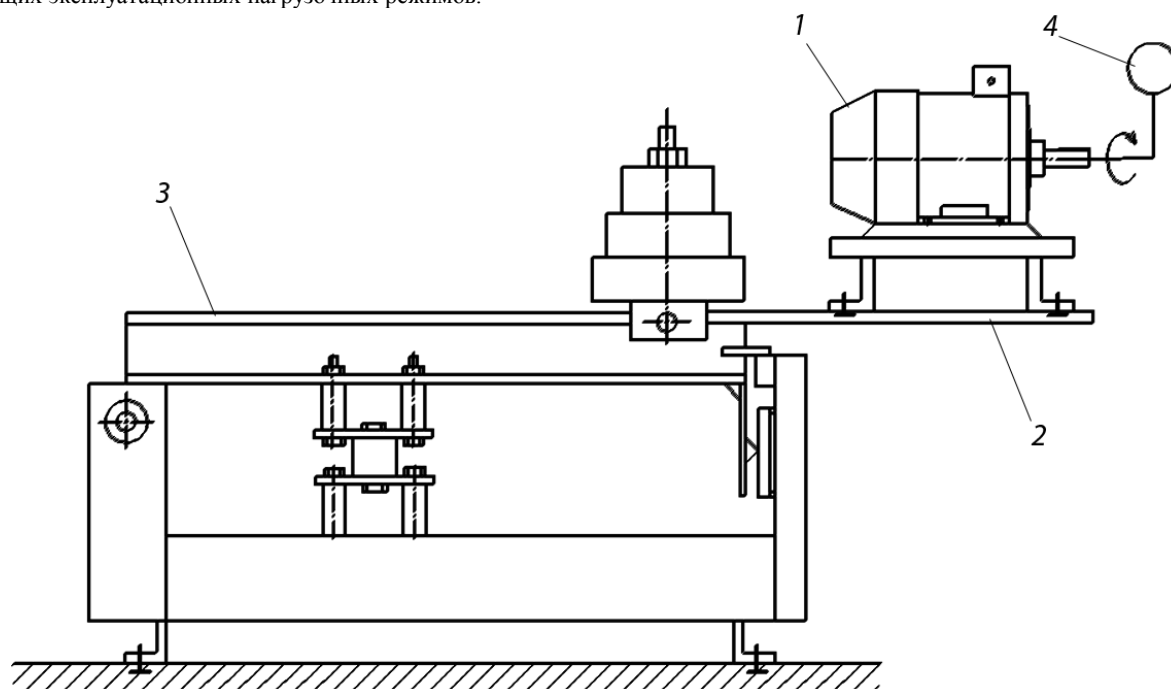


Рис. 4. Вариант конструкции стенда с генерацией вынужденных колебаний инерционным возбудителем

Конструкция стенда позволяет изменять в широких пределах величину действующей на испытуемый виброизолятор статической составляющей нагрузки путем изменения массы груза или плеча действия усилия от его веса, а также изменять параметры динамической составляющей нагрузки путем изменения величины и эксцентриситета центра тяжести эксцентриковой маховой массы и частоты вращения приводного электродвигателя постоянного тока, за счет чего обеспечивается возможность воспроизведения на стенде характерных для условий эксплуатации нагрузочных режимов.

Литература

1. Победин, А.В. Испытания виброизоляторов на стенде / А.В. Победин, К.В. Шеховцов // Изв. ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы". Вып. 4: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – № 12. – С. 41-43.
2. Ляшенко, М. В. Лабораторная установка для испытаний виброизоляторов / М.В. Ляшенко, А.В. Победин, К.В. Шеховцов // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 2 (спецвыпуск). – С. 270 – 274.
3. П. м. 104714 РФ, МПК G 01 M 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов / В.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл. П. Шевчук, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов, Д.В. Бусалаев; ГОУ ВПО ВолгГТУ. – 2011.

4. П. м. 112416 РФ, МПК G 01 М 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, Д.В. Бусалаев; ВолгГТУ. – 2012.
5. П. м. 112417 РФ, МПК G 01 М 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, Д.В. Бусалаев; ВолгГТУ. – 2012.
6. П. м. 112415 РФ, МПК G 01 М 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов при действии нагрузок с осевой и боковой составляющими / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, Д.В. Бусалаев; ВолгГТУ. – 2012.
7. П. м. 118056 РФ, МПК G 01 М 7/02. Стенд для испытаний виброизоляторов в режиме вынужденных и собственных колебаний / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, Вл.П. Шевчук, М.В. Ляшенко; ВолгГТУ. – 2012.
8. Шеховцов, К.В. Испытания виброизоляторов кабины трактора [Электронный ресурс] / К.В. Шеховцов // Инженерный вестник Дона: электронный журнал. – 2012. – № 1. – С. URL: <http://ivdon.ru/magazine/latest/n1y2012/639/>.
9. Стендовое оборудование для испытания виброизоляторов кабины трактора / А.В. Победин, М.В. Ляшенко, К.В. Шеховцов, З.А. Годжаев // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 7. – С. 43-48.
10. Шеховцов, К.В. Vibration Isolators's Laboratory Testing Plant / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, О.Д. Косов // 30th Anniversary Seminar of the Students' Association for Mechanical Engineering (11-13.05.2011, Warsaw, Poland): book of Abstracts / Military University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering. – Warsaw, 2011. – С. 66-67. – Англ.
11. Стенд для испытаний виброизоляторов [Электронный ресурс] / К.В. Шеховцов, А.В. Победин, М.В. Ляшенко, В.В. Шеховцов // Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: матер. междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомот. инж. (ААИ), посвящ. 145-летию МГТУ "МАМИ" / Моск. гос. техн. ун-т «МАМИ». – М., 2010. – Кн. 1 (Секция 1). – С. 336-341. – URL: www.mami.ru/science/mami145/scientific/S_01.htm.

Мартемьянова Л.Е.¹, Ясаков А.В.²

¹Кандидат технических наук, доцент; ²аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ ПАШТЕТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Аннотация

Изучена возможность использования инулина и отрубей пшеничных очищенных с морской капустой в производстве мясорастительных паштетов. Исследован готовый продукт на органолептические и физико-химические показатели. Определены технологические параметры холодильного хранения и сроки годности паштетов, предназначенных для функционального питания.

Ключевые слова: Инулин, отруби пшеничные, морская капуста.

Martemyanova L.E.¹, Yasakov A.V.²

¹ PhD in technical, associate professor; ²Postgraduate student, State educational institution of higher professional education "Omsk State Agrarian University named after PA Stolypin "

CEREAL SPREADS THE FUNCTIONAL ORIENTATION

Abstract

The possibility of using inulin and wheat bran treated with seaweed in the production of meat-vegetable pates. Investigated the finished product on the organoleptic and physico-chemical parameters. Technological parameters of cold storage and shelf life of pastes intended for functional foods.

Keywords: Inulin, wheat or tubi, seaweed.

Серьезные изменения в структуре питания, связанные с изменениями в образе жизни, уменьшением энергозатрат, приводят к тому, что ни одна из групп населения не получает с потребляемой пищей необходимого для здоровья количества витаминов, микро- и макроэлементов. Для поддержания здоровья человек должен находить дополнительные источники необходимых его здоровью веществ. Решить проблему оптимизации питания могут обогащенные, так называемые функциональные продукты. Актуальным на сегодняшний день является использование диетических пищевых волокон в продуктах питания, поскольку они обладают широким спектром действия на организм человека. В отличие от крахмала и пектина, инулин селективно ускоряет рост и метаболизм бифидобактерий, является пребиотическим пищевым ингредиентом. Позволяет увеличивать количество и метаболическую активность бифидобактерий и лактобактерий в кишечнике человека. Количественный рост популяции бифидобактерий подавляет развитие патогенных бактерий (патогенные клостридии, энтеробактерии, кишечные палочки), вирусов и грибов, что приводит к улучшению состава кишечной флоры и способствует лучшему выполнению целого ряда биологических функций организмом человека. Бифидобактерии, способствуют уменьшению риска возникновения злокачественных клеток и уменьшению уровня холестерина и аммония в крови, вырабатывают иммуномодуляторы, витамины группы В, фолиевую кислоту и др. Инулин имеет низкую калорийность – 1ккал/г, что существенно ниже калорийности жира и сахарозы. Имеет низкий гликемический индекс, этот факт имеет значение в питании людей, страдающих сахарным диабетом и ожирением[1].

Цель настоящего исследования – расширить ассортимент мясорастительных продуктов функционального назначения, путем разработки рецептур и технологии изделий из субпродуктов с добавлением инулина и отрубей пшеничных очищенных с морской капустой.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- обосновать выбор отрубей пшеничных очищенных с морской капустой и инулина с целью расширения ассортимента и возможности их применения в технологии мясорастительных паштетов функциональной направленности;
- разработать рецептуру и технологию мясорастительных паштетов с добавлением инулина и отрубей пшеничных очищенных с морской капустой;
- исследовать изменения органолептических, физико-химических, микробиологических показателей качества и безопасности мясорастительных паштетов от продолжительности хранения;
- определить пищевую и биологическую ценность разработанных мясорастительных паштетов с добавлением инулина и отрубей пшеничных очищенных с морской капустой;
- обосновать сроки годности их при холодильном хранении.

Для решения задач, поставленных в настоящей работе, экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Продукты питания и пищевой биотехнологии» и научно-исследовательской лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы института ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВПО ОмГАУ имени П.А. Столыпина. При приготовлении паштета включали в рецептурные образцы отруби пшеничные очищенные с морской капустой, инулин, специи смешивали с паштетной массой. Остальные этапы приготовления не отличались от традиционной технологии. Влияние добавок на физико-химические свойства паштета оценивали по результатам исследований стандартных показателей качества (массовая доля влаги, жира и белка), реологических и органолептических свойств. Результаты физико-химических свойств показали, что структура опытных образцов с применением отрубей пшеничных очищенных с морской капустой улучшается на 4,2 и 8,4%. Это связано с тем, что при разработке рецептур увеличивали количество воды, чтобы паштет не затягивался, т.к. отруби пшеничные очищенные с морской капустой гигроскопичны по своим свойствам.

Исследования влияния инулина на реологические свойства паштета, показали, что предельное напряжение сдвига опытных образцов на 6,2 и 10,8% больше контрольного, что связывали со способностью инулина адсорбировать воду и уплотнять паштет. Эти данные подтверждаются исследованиями органолептических показателей (таблица № 1).

Таблица 1 - Органолептические показатели мясорастительного паштета

Наименование показателей	Характеристика		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Внешний вид	Однородная мелкоизмельченная масса с незначительным количеством выплавленного жира и бульона		
Цвет	От розовато-серого до коричневатого-серого		
Запах и вкус	Приятный, свойственный вареной печени с незначительно естественной горечью и выраженным ароматом пряностей, без посторонних запаха и вкуса.		
Консистенция	Пастообразная, однородная по всей массе, без крупинок		
Посторонние примеси	Не допускаются		

Исследуя химический состав паштетной массы и готового паштета, мы получили следующие результаты: уровень влаги в паштетной массе составляет 71,76%, в паштете — 71,29%; белка в паштетной массе— 16,64%, в паштете— 16,89%; жира в паштетной массе - 10,20%, в паштете — 10,42%; золы в паштетной массе – 0,9%, в паштете — 0,9%.

Заключение. Мясорастительный паштет, получаемый по предложенной рецептуре, относится к продуктам функциональной направленности и рекомендуется для всех возрастных групп населения РФ, который при систематическом употреблении оказывает благотворное воздействие на организм, в особенности, больных железодефицитной анемией, способствует очищению организма от шлаков, улучшает обмен веществ, способствует снижению избыточного веса и позволяет расширить ассортимент получаемой продукции с вкусоароматической гаммой и улучшенной консистенцией. Благодаря снижению содержания жиров, снижается калорийность продуктов. Введение в мясорастительный паштет инулина пищевого дает значительное увеличение сроков хранения. Установлено, что в течение 15 месяцев хранения мясорастительных паштетов количество определяемых микроорганизмов находилось в пределах, допустимых СанПиН 2.3.2.1078-01.

Разработанная инновационная технология мясорастительных паштетов может быть использована как на мини-заводах, так и на предприятиях большой сменной мощности, как в Сибирском регионе, так и в масштабах РФ.

Литература

1. Патракова, И. С. Технология функциональных мясопродуктов: учеб. пособие // И. С. Патракова, Г. В. Гуринович. - Кемерово, 2007. – 128 с.