

МОЛОДОЙ
УЧЁНЫЙ



VI Международная научная конференция

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ



Москва

УДК 62(01)

ББК 30

Т 38

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия сборника:

М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, Т. К. Абдрасилов, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев, М. А. Игнатова, К. К. Калдыбай, А. А. Кенесов, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, В. М. Кузьмина, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Т. В. Матроскина, Е. В. Матвиенко, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Б. Ж. Паридинова, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова

Руководитель редакционного отдела: *Г. А. Кайнова*

Ответственные редакторы: *Е. И. Осянина, Л. Н. Вейса*

Международный редакционный совет:

З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), К. М. Ахмеденов (Казахстан), Б. Б. Бидова (Россия), В. В. Борисов (Украина), Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан), А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан), Н. С. Игисинов (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия), К. И. Курпаяниди (Узбекистан), В. А. Куташов (Россия), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев (Россия), М. А. Прокофьева (Казахстан), Р. Ю. Рахматуллин (Россия), М. Б. Ребезов (Россия), Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан), А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан)

Технические науки в России и за рубежом: материалы VI Междунар. науч. конф. Т38 (г. Москва, ноябрь 2016 г.). — Москва, Издательский дом «Буки-Веди», 2016. — iv, 88 с. ISBN 978-5-4465-0933-1

В сборнике представлены материалы VI Международной научной конференции «Технические науки в России и за рубежом».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Зарипов Р.Э.

Обзор математических моделей рабочих процессов газового двигателя и известные результаты их использования 1

Зубарева М.Г., Цветков А.А., Хамуш А.Л., Шорох Д.К., Шуклин А.В., Юрсков С.В.

Методологии проектирования мультиагентных систем 3

Омаров М.Б.

Реализация алгоритма поиска ближайших объектов с помощью K-D tree. 8

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Белоногов А.В.

Обзор систем управления приводом складских транспортных роботизированных платформ 11

5. ЭНЕРГЕТИКА

Абидов К.Г.

Применение самозапуска для электродвигателей насосных станций оросительных систем. 14

Зингер М.А., Клементьева К.В., Захаров И.В.

Применение низкотемпературного охлаждения в гелиоэнергетических установках 17

Литвинов А.В., Бернс П.А., Абишов Е.Г., Родина Д.Е., Логинова Е.С.

Определение электрических параметров схемы испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки 21

Литвинов А.В., Бернс П.А., Абишов Е.Г., Родина Д.Е., Логинова Е.С.

Экспериментальная оценка влияния работы преобразователей частоты на форму сигналов токов и напряжений. 24

Хрипач Н.А., Папкин Б.А., Коротков В.С., Иванов Д.А., Татарников А.П.

Разработка научно-технических решений прямого преобразования тепловой энергии двигателей внутреннего сгорания в электрическую. 28

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Сомонов В.В., Туричин Г.А., Земляков Е.В., Бабкин К.Д., Климова-Корсмик О.Г.

Прямое лазерное выращивание изделий из порошковых материалов: принцип, оборудование и материалы 34

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Прокопец Т.Н., Прокопец А.А.

Человеческий фактор как важнейший элемент управления надежностью технологического процесса вибрационной обработки деталей в машиностроении. 38

Хрипач Н.А., Иванов Д.А., Коротков В.С., Залетов Д.В.

Лабораторные испытания ТЭГ системы выпуска двигателя внутреннего сгорания 40

9. ТРАНСПОРТ

Варзаносов П.В.

Выбор системы управления двигателем электромобиля 47

11. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Узакова Л.П., Абдурахманова Ф.А., Мухаммедова М.О.

Антропометрические исследования стоп детей школьного возраста 51

Узакова Л.П., Абдурахманова Ф.А., Мухаммедова М.О.

Выбор метода антропометрических исследований стоп детей с патологическими отклонениями 53

13. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Лаптев А.Г., Исхаков А.Р.

Математическое моделирование процессов сепарации газов от дисперсной фазы в канале с ленточным завихрителем 56

Чурикова Л.А., Джексенов Т.Б.

Анализ методов и перспективы борьбы с потерями нефти на месторождении 59

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Бафоев Д.Х.

Упрочнение поверхностного слоя деталей машин виброударной обработкой 63

Бафоев Д.Х.

Плазменная наплавка, упрочнение и выбор способа восстановления деталей машин 65

Герасименко И.В., Стеновский В.С.

К вопросу определения методов модернизации электротехнологий производственных процессов на предприятиях АПК 68

Jurayev N.M., Abdullajonova N.N.

The importance of telecommunication technologies in the preparation of future teachers of computer science at the university 71

Резниченко Н.Е.

Анализ и выбор тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645РУ5 72

15. САПР И ГРАФИКА

Величкин В.А., Ульянов Р.С., Шиколенко И.А.

Новые возможности САПР за счет применения решений в области имитации естественного освещения 74

16. НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Кулиев К., Шаммедов М.Н.

Влияние удобрений на питательный режим почвы и урожайность хлопчатника 78

Lemeshko M.A., Romanov P.V., Dmitrienko N.A.

Determining amount of heat withdrawn by the fan from the capacitor of small refrigerating machines. ... 80

Халлыев А.

Эквивалентная расчетная схема трансмиссии хлопковой машины 84

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Обзор математических моделей рабочих процессов газового двигателя и известные результаты их использования

Зарипов Риваль Эдуардович, аспирант

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета

Известные модели смесеобразования и сгорания чрезвычайно разнообразны. Существенные различия взглядов авторов касаются, в частности, характера течения в топливной струе, распределения масс топлива в ее объеме, наличия в струе характерных зон, учета относительного движения частиц топлива и спутного газа в струе, способов описания горения топлива и образование его токсичных продуктов. Большинство используемых в отечественной практике моделей интегрально описывают поведение рабочего тела в цилиндре. Очевидно, что такие модели не в состоянии помочь выполнить согласованный выбор параметров газового оборудования и КС, а также получить адекватную картину образования токсичных продуктов сгорания.

Ключевые слова: камера сгорания, газовый двигатель, программный комплекс, отработавшие газы, моделирование, математическая модель, кинетический расчет, расчет образования, токсичные компоненты

В ЦНИДИ на протяжении многих лет велась разработка программного комплекса для численного моделирования рабочих процессов с различными системами воздухообеспечения и газотурбинного наддува, в состав которого входят программы ИМПУЛЬС и ВОЛНА [1], основанные на методике Б.М. Гончара [2]. В программе ИМПУЛЬС реализован расчет нестационарных процессов в выпускной системе на основе квазистатических уравнений и обеспечено замкнутое моделирование с автоматической балансировкой мощностей компрессора и турбины. В программе ВОЛНА, в отличие от программы ИМПУЛЬС реализовано моделирование рабочего процесса с учетом волновых явлений в произвольных разветвленных выпускных системах на основе использования уравнений одномерной нестационарной газодинамики для потока газа. В дальнейшем программный комплекс был дополнен программой ФАКЕЛ, позволяющей моделировать динамику развития топливного факела и распределения топлива в объеме камеры сгорания (КС), а также программой EXHAUST для моделирования неравновесной кинетики образования NOx при сгорании различных топлив в газовом двигателе (ГД). Следует отметить, что в данном программном комплексе отсутствует процедура многопараметрической оптимизации конструктивных и регулировочных параметров двигателя.

В большинстве расчетных исследований в качестве оценочного параметра и параметра оптимизации использовался удельный индикаторный или эффективный расход топлива, что связано с отсутствием в используемом программном обеспечении моделей процессов образования токсичных компонентов отработавших газов (ОГ).

Одной из наиболее достоверных и апробированных методик по моделированию процессы смесеобразования и сгорания в двигателе является методика, предложенная в начале 90-х годов профессором Н.Ф. Разлейцевым и в дальнейшем доработанная к.т.н., сотрудником кафедры Э-2 («Поршневые ДВС») МГТУ им. Н.Э. Баумана — А.С. Кулешовым [3]. Эта методика, реализованная А.С. Кулешовым в программе ДИЗЕЛЬ-4т, а затем в несколько модернизированном виде в программе ДИЗЕЛЬ-РК (РК-модель), учитывает:

- особенности характеристики впрыска, включая многофазный впрыск,
- мелкость распыливания топлива,
- ориентацию струй в камере сгорания,
- динамику развития топливных струй,
- взаимодействие струй с воздушным вихрем и стенками.

По своей идеологии, РК-модель близка к модели профессора Хироюсу (Hiroyasu) из университета города Хиросимы, хотя имеет существенные отличия, главным образом связанные с более детальным рассмотрением взаимодействия топливных струй со стенками и между собой.

Программа ДИЗЕЛЬ-РК, в отличие от многих других, позволяет помимо расчетов показателей ГД решать также оптимизационные задачи, для чего имеется встроенная процедура многопараметрической оптимизации, включающая 14 методов оптимального поиска, а также процедуры одно- и двухпараметрического сканирования.

В математической модели газообмена весь газоздушный тракт комбинированного двигателя, состоящий

из впускного коллектора, впускных клапанных каналов, цилиндра, выпускных клапанных каналов, выпускного коллектора и преобразователя импульсов условно разбит на отдельные фрагменты, обменивающиеся между собой массой и энергией. Для каждого из фрагментов решается система уравнений сохранения массы, энергии, количества движения и уравнение состояния со своими, характерными для данного фрагмента допущениями. В каждом фрагменте, кроме преобразователя импульсов также учитывается теплообмен со стенками.

В программе ДИЗЕЛЬ-РК реализована современная методика расчета эмиссии оксидов азота на основе схемы Зельдовича, особенностями которой являются:

- расчет равновесного состава в зоне продуктов сгорания для восемнадцати компонентов на каждом шаге расчета [4];
- кинетический расчет образования термических оксидов азота по цепному механизму Я.Б. Зельдовича [5];
- расчет образования NO по уравнению цепного механизма производится для зоны сгорания, затем определяется средняя концентрация NO по КС.

Расчет эмиссии дыма в программе ДИЗЕЛЬ-РК осуществляется по методике профессора Н.Ф. Разлейцева [6], в которой сделана попытка учесть влияние осо-

бенности процесса горения распыленного топлива на образование и выгорание сажевых частиц. Принято, что сажевые частицы образуются преимущественно двумя путями:

- в результате цепного деструктивного превращения молекул топлива, диффундирующих от поверхности капель к фронту пламени;
- вследствие высокотемпературной термической полимеризации и дегидрогенизации парожидкостного ядра испаряющихся капель.

После многократных доработок программы ДИЗЕЛЬ-РК были проведены расчетные исследования различных дизелей на их математических моделях и показана возможность оптимизации их параметров по выбросам NOx, сажи и топливной экономичности [3]. В ходе этих расчетных исследований безнаддувного дизеля Д-120 с использованием программы ДИЗЕЛЬ-РК было, в частности, установлено, что резервом для улучшения показателей двигателя является изменение степени сжатия ϵ и УОВТ- $\phi_{опер}$. На рисунке 1 представлены, полученные методом сканирования, семейства изолиний для постоянных значений: уровня эмиссии оксидов азота NOx ($г/м^3$), максимального давления цикла p_z (бар), удельного эффективного расхода топлива b_e , ($г/кВт \cdot ч$).

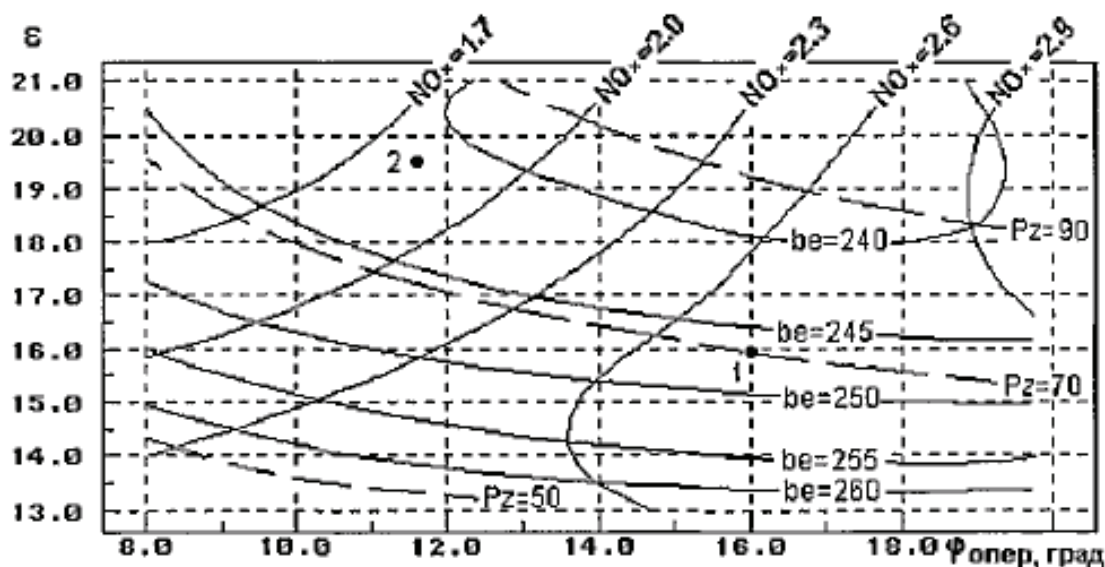


Рис. 1. Влияние степени сжатия ϵ и УОВТ $\phi_{опер}$ на параметры дизеля

Подведем итог, сокращение времени, затрачиваемого на разработку новых моделей двигателей, и снижение финансовых затрат на доводочные экспериментальные исследования делает необходимым использование программных продуктов, достоверно моделирующих рабочие процессы в ГД, в том числе и образование токсичных веществ. Данные программы также должны иметь встроенную процедуру многопараметрической оптимизации. В связи с этим хотелось бы отметить, что для получения достоверных результатов расчетных исследования ГД с системой РОГ при

разработке математической модели рабочих процессов необходимо учесть влияние РОГ и элементов системы РОГ (клапаны, теплообменник РГ, трубопроводы и т.д.) на газодинамические процессы во впускной и выпускной системах ГД, работу ТКР, состав поступающего в цилиндры заряда, образование различных токсичных веществ, а также правильно определять параметры газа в сопле Вентури и количество эжектируемых с его помощью РГ. Данные требования были учтены и реализованы А.С. Кулешовым в новой версии программы ДИЗЕЛЬ-РК.

Литература:

1. Красовский, О. Г., Берман А. А., Матвеев В. В. Применение программ численного моделирования рабочего процесса дизелей // Труды ЦНИДИ «ЭВМ в исследовании и проектировании двигателей внутреннего сгорания». — Л.: ЦНИДИ, 1986. — С. 100–111.
2. Гончар, Б. М. Применение ЭВМ в дизелестроении // Труды ЦНИДИ «Дизелестроение». — Л.: Машиностроение, 1974. — С. 187–192.
3. Кулешов, А. С., Грехов Л. В. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 64 с.
4. Хрящёв, Ю. В., Блаженнов Е. И. Электронное управление работой автомобильных двигателей: Учеб. пособие. — Ярославль: ЯПИ, 1990. — 92 с.
5. Дизели. Справочник / Байков Б. П., Ваншейдт В. А., Воронов И. П. и др. Под ред. Ваншейдта В. А., Иванченко Н. Н., Коллерова Л. К. — Л.: Машиностроение, 1977. — 480 с.
6. Звонов, В. А. Образование загрязнений в процессах сгорания. — Луганск: Изд-во Восточнoукраинского государственного университета, 1998. — 126 с.

Методологии проектирования мультиагентных систем

Зубарева Мария Георгиевна, магистрант;
Цветков Александр Андреевич, магистрант;
Хамуш Анис Ленин, магистрант;
Шорох Данила Кириллович, магистрант;
Шуклин Алексей Владимирович, магистрант;
Юрсков Сергей Валерьевич, магистрант
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В данной статье рассмотрены методологии проектирования мультиагентных систем, в том числе, применительно к созданию искусственного интеллекта. Приведен анализ популярных подходов к разработке информационных систем на всех этапах создания.

Ключевые слова: мультиагентная система, объектно-ориентированный подход, искусственный интеллект

В основе мультиагентного подхода лежит понятие программного агента, который реализован и функционирует как самостоятельная элемент программного обеспечения или элемент искусственного интеллекта.

Суть мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения задач. В отличие от классического способа, когда проводится поиск некоторого четко определенного (детерминированного) алгоритма, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, в мультиагентных технологиях решение получается автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных целенаправленных программных модулей — агентов. В данной статье были рассмотрены некоторые популярные способы построения мультиагентных систем.

Методология создания МАС на основе онтологии

Создание онтологии для конкретной бизнес задачи имеет преимущества для разработки, совместимости, возможности многократного использования и инте-

грации разрабатываемой системы. МАС в совместимости с онтологией могут использовать эти преимущества, предоставляя возможность создавать семантически-совместимые приложения. Данный подход фокусируется на развитии онтологии в качестве движущей силы развития системы и предполагает разработку приложения, в большей части, при помощи экспертов в предметной области, требующую минимального участия разработчиков программного обеспечения. Существует два подхода:

1. Поэтапная итеративная методология;
2. Конвейер избранных инструментов, с помощью которых осуществляется методология.

Описание методологии

Онтология представляет собой спецификацию объектов, понятий, сущности и отношения между объектами в определенной области. В качестве альтернативы, онтология определяется как формальная, явная спецификация общей концептуализации.

В контексте мультиагентных систем использование онтологии способствует анализу и проектированию этапов разработки системы, развитию интеллекта отдельных агентов, связи и взаимодействию между агентами во время работы, а также возможности взаимодействия агентов с другими системными компонентами. Полностью такой подход звучит как методология развития МАС с онтологией (eng. MOMA).

Конструктивными целями MOMA являются:

1. Разработка предметно-ориентированных онтологий для повторного использования и обмен информацией между приложениями в определенной области;
2. Перемещение бизнес логики и знаний предметной области из базового кода агента на более высокий уровень развития онтологии;
3. Содействие использованию инструментов для ускорения разработки приложения с использованием онтологии;
4. Отделение эксперта в предметной области от разработчика агента;

Существуют еще четыре методологии разработки MAS, также включающие в себя понятия онтологии, хотя и не в полной мере, как это используется в MOMA. Этими методологиями являются:

- MAS-CommonKADS;
- MESSAGE;
- Multi-agent Systems Engineering (MaSE);
- Процесс спецификации и реализации объединений агентов (PASSI).

MOMA состоит из двух основных этапов развития: разработки онтологии и разработки агента (рисунок 1).

Во время первого этапа знания предметной области моделируются в виде онтологии таким образом, чтобы они не были определены в коде низкого уровня в процессе разработки агента. Результирующая онтология используется в качестве основы для второго этапа, который включает в себя реализацию агентов и среды приложения для конкретного приложения.

Преимущества и недостатки методологии

Плюсы:

При использовании определенных инструментов возможно ускорить процесс разработки приложения с использованием онтологии.

За счет перемещения бизнес логики и знаний предметной области из базового кода агента на более высокий уровень развития онтологии возможно отделение эксперта предметной области от разработчика агентов.

Минусы:

Определение понятий и отношений при помощи стандартных высокоуровневых онтологий для моделирования своей онтологии является трудным процессом и отнимает много времени (для решения данной проблемы используется инструмент GT). Также на данном этапе можно упустить некоторые понятия (необходимо иметь несколько итераций в разработке онтологии)

Во время настройки онтологии для тестирования невозможно использовать слишком сложную логику (для использования более сложной логики необходимо определить больше понятий в редакторе Protege).

Методология разработки мультиагентной системы ASEME

ASEME (Agent Systems Engineering Methodology) — это методология проектирования агентных систем, которая заключается в объединении нескольких подходов или их элементов к проектированию подобных систем, доказавших свою применимость и эффективность на практике. Данная методология основывается на модельно-ориентированном подходе. что на практике означает, что модели предыдущего этапа разработки применяются в последующем этапе, но с определенными видоизменениями.

Основное преимущество данной методологии заключается в том, что она основана на уже существующих языках (например, UML и диаграмма состояний), которые хо-

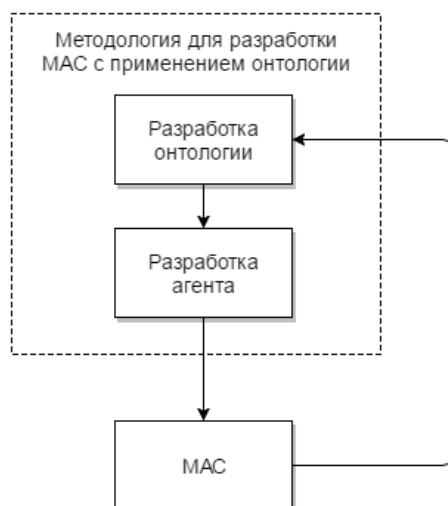


Рис. 1. Этапы развития MOMA

рошо знакомы инженерам в рамках задач проектирования моделей и в процессе проведения системного анализа. Данная методология предусматривает три различных уровня абстракции, что позволяет использовать различные технологии для проектирования высоконагруженных систем. В данной методологии не используются конкретные архитектуры агентов и их параметры, что делает эту методологию агентно-независимой и позволяет гибко выбирать архитектуру каждого конкретного агента, основываясь на требованиях в той или иной предметной области. Методология состоит из нескольких этапов. На каждом этапе разработки происходит адаптация агента согласно определенным новым правилам. Это происходит путем более детализированного процесса сбора и формирования требований к результату предыдущего этапа. Такой итерационный подход позволяет добавлять новые детали на очередном этапе и приводит в результате к точному описанию

системы (состояний, жизненного цикла данных и т.д.). Важно отметить, что каждый очередной этап разработки может быть выполнен на новой платформе, что делает данную методологию платфомерно-независимой.

Этапы создания МАС

Общий подход к разработке МАС представлен на рисунке 2. В данной методологии присутствует 6 различных этапов: первые 4 этапа являются этапами создания системных моделей (фаза разработки), последние два этапа (оптимизация и верификация) оценивают и оптимизируют полученные модели. В общем случае данный подход к разработке является итеративным и, существует возможность возвращаться на любую предыдущую фазу согласно модельно-ориентированному подходу (МОП), применяемому в данной методологии.

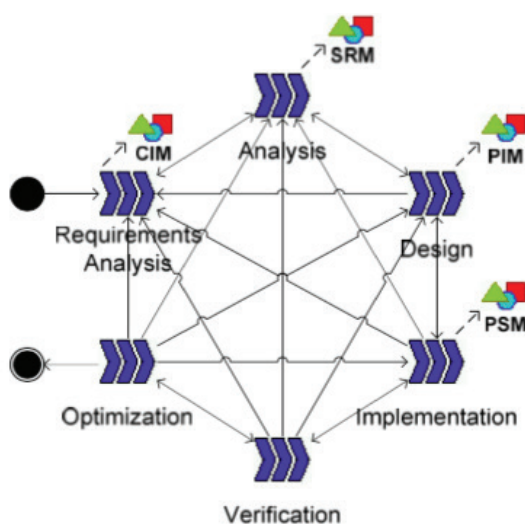


Рис. 2. Общий подход к разработке МАС

МОП заключается в систематическом использовании моделей как главных артефактов во время всего цикла разработки. МОП совместима с модельно-ориентированной архитектурной парадигмой разработки, созданной организацией OMG (Object Management Group). Данная парадигма описывает 3 основные модели:

- Вычислительно-независимая модель (Computation Independent Model, CIM) описывает общие требования к системе, словарь используемых понятий и условия функционирования (окружение). Поэтому CIM рекомендуется выполнять с использованием унифицированного языка моделирования UML.

- Платфомерно-независимая модель (Platform Independent Model, PIM) описывает состав, структуру, функционал системы. Модель PIM создается на основе CIM.

- Платфомерно-зависимая модель (Platform Specific Model, PSM) описывает состав, структуру, функционал системы применительно к вопросам ее реализации на конкретной платформе.

Фаза анализа требований

Три базовые действия являются примером трех уровней абстракции, о которых было сказано выше: определение действующих лиц, определение целей, определение требований для достижения целей. Входными данными на данном этапе является документ с требованиями, а выходными — список требований для достижения конкретной цели и диаграмма действующих лиц.

Фаза анализа

В качестве входных данных используется диаграмма действующих лиц, которая преобразуется в диаграмму вариантов использования, а благодаря документу с требованиями, полученному на предыдущем этапе, на выходе мы получаем также ролевую модель и описание протокола взаимодействия моделей.

Фаза проектирования

Используя результаты двух предыдущих фаз происходит формальное проектирование структуры агентов и результатами фазы являются: диаграмма межагентного

взаимодействия, внутриагентного взаимодействия, процедурные или декларативные знания, список доступных типов сообщений, онтология и таблица функциональности.

Фаза реализации

Фаза реализации заключается в имплементировании агентов на основе выходных документов каждой из предыдущих фаз.

Фазы верификации и оптимизации

Фаза верификации заключается в формальной проверке на соответствие полученной системы требованиям, предъявляемых при начале разработки. Фаза оптимизации заключается в улучшении работоспособности (по временным параметрам, а также с учетом используемых системных ресурсов (нагрузка на сеть, память и т.д.).

Достоинства и недостатки методологии

Данная методология уже доказала свою эффективность в задачах проектирования сложных систем. Основными достоинствами системы являются:

- модельно-ориентированный подход
- агенто-независимость
- платформи-независимость
- полное соответствие полученного результата функциональным требованиям, предъявляемых к системе.

Из недостатков стоит выделить дополнительную сложность проектирования МАС с использованием данного подхода.

Методология MASITS

MASITS (Мультиагентная система для интеллектуальных систем передачи) является методологией полного жизненного цикла для агентно-ориентированной разработки интеллектуальных систем передачи. Методология MASITS включает в себя наиболее важные результаты исследований в области развития ITS и AOSE методологий. Наиболее подходящие методы из существующих методик AOSE используются на стадиях, когда существующие методики позволяют интегрировать конкретные знания для развития ИТС. Кроме того, новые методы введены в шагах, где известные методы не позволяют интегрировать свои знания.

Процесс развития ITS состоит из следующих этапов: анализ, проектирование (внешний и внутренний дизайн), внедрение, тестирование, развертывание и обслуживание. Эти фазы представлены последовательно, хотя процесс разработки является итеративным. Итерации используются как внутри фазы, так и в разных фазах.

Этапы создания МАС

Фаза анализа

Первым шагом является моделирование цели, в результате диаграмма целей отображает иерархию целей

системы. В первую очередь определяются глобальные цели на уровне системы. Затем каждая цель разбивается на подцели с помощью разложения на «И» и «ИЛИ». Эти цели разбиваются до тех пор, пока не смогут быть достигнуты с помощью простых действий.

На втором этапе создается диаграмма использования системы. В ходе моделирования первоначальные акторы определяются путем указания действующих лиц, которые необходимы для достижения целей.

Внешнее строение агента

Фаза разработки для интеллектуальной транспортной системы может быть разделена на 2 стадии — внутренний и внешний дизайн агентов. На протяжении первой фазы (внешнего дизайна) агенты разрабатываются с точки зрения функциональных возможностей и взаимодействий. Даная фаза состоит из таких этапов как: определение задачи, распределение задач агентам, дизайн взаимодействия и дизайн онтологии.

После определения задач и их назначения должна быть определена модель взаимодействий. Схема взаимодействия состоит из агентов, акторов (пользователей) и связей между ними.

Внутреннее строение агента

В ходе дизайна внутреннего строения агента, должна быть определена внутренняя структура агентов. Этот этап должен дать ответы на вопрос, как агенты ведут себя для достижения поставленных целей.

Выполнение, тестирование, развертывание и обслуживание

Холоническая архитектура мультиагента поддерживается MASITS и состоит из мельчайших агентов которые могут быть использованы повторно с подобным функционалом.

На первом этапе мелкомасштабные агенты используются повторно из предыдущих проектов. Второй шаг заключается в генерации кода, используя инструменты MASITS для агентов, которые не могут быть использованы повторно из созданных ранее систем.

В третьей стадии разработчик должен выполнить действия из поведенческих классов, сгенерированных системой и создать интерфейс пользователя системы.

Для фазы тестирования используются JADE тесты и происходит деление на 3 этапа. Во-первых, отдельные агенты тестируют путем создания группы тестов для каждого агента. Во-вторых, каждый холон проходит испытания в качестве составной сущности, то есть в качестве агента. В-третьих, тестируют функциональность системы в целом с использованием традиционных методов тестирования.

Развертывание выполняется с использованием модифицированной версии схемы развертывания UML, который показывает JADE контейнеры и экземпляры агентов, развернутых в каждом контейнере. Диаграмма развертывания используется MASITS, чтобы сформировать пакетный файл.

MASITS поддерживает внедрение изменений в систему, во время фазы технического обслуживания.

Преимущества и недостатки

Преимущества:

— Изменения в системе на подобие изменения функциональных возможностей, соответствующих открытому холону или изменения внутри одного холона, или изменения на уровень выше холона могут реализованы в MASITS, но не могут быть реализованы в ITS (только при переработке системы полностью).

— В методологии используются разработки ITS, путем интегрирования в отдельные шаги, чтобы облегчить различные этапы развития.

— Поддерживается весь жизненный цикл, включая тестирование, внедрение, развертывание и обслуживание фаз, которые слабо поддерживаются в большинстве методологий.

— Обеспечиваются соответствующие методы для развития системы в течение всего жизненного цикла.

Недостатки

— Основным ограничением методики является задание конкретной цели. Для того, чтобы применить к разработке других систем её придется изменять или использовать какую-либо другую платформу, нежели JADE.

Методология X-machine

В данном подходе используется формальный метод, а именно метод «X-machine», который удовлетворяет потребностям развивающихся агентов и позволяет использовать их на практике. Здесь представлена формализованная методология для разработки систем, основанных на реактивных агентах. Агенты, а также все необходимые расширения модели, представляются формальным образом, которые, в свою очередь, оптимизируют агентную систему. Предложенная методика использует априорные методы (формального моделирования и верификации), чтобы избежать дефектов на ранних стадиях разработки совместно с апостериорными методами (стратегия тестирования черного ящика) чтобы обнаружить любые неоткрытые недостатки в более поздних стадиях.

Взаимодействие X-машин рассматривается как метод моделирования, в котором сложная система может быть представлена в виде малых элементов (агентов) и смоделирована используя простые модели X-машин.

Связи всех этих агентов задаются отдельно таким образом, чтобы можно было рассмотреть полную систему в виде сообщающихся X-машин. Такая модель предполагает модульный подход «снизу вверх» и поддерживает итеративное постепенное развитие. Это также облегчает возможность многократного использования существующих моделей данного типа, что делает управление всем проектом более гибким и эффективным, достигая его завершения с меньшей стоимостью и меньшим временем разработки.

Шаги создания MAS

Связи метода X-машина предполагает формализованный подход к модульной разработке, позволяя разработчикам разделять систему на стадии на связанных агентов и, таким образом, моделировать взаимодействующих систем на основе агентов. Алгоритм разработки модели системы можно представить в следующих четко определенных различных действиях, которые представлены далее:



1) Разработка моделей типа X-машина (типов агентов X-машины)

Разработка идет независимо от целевой системы, в том числе, можно использовать существующие стандартные типы модели

2) Кодирование модели X-машина

Кодирование модели типа X-машина на языке разработки облегчает последующие шаги. Можно использовать аниматора, что сопровождающего язык разработки что бы получить обратную связь (неофициальная проверка).

3) Выражение желаемых свойств

Необходимо выразить желаемые свойства в подходящем формате (Временная логика) и использовать формальный метод проверки (Проверка модели) чтобы убедиться, что модели соответствуют требованиям.

4) Тестирование

Использование стратегий тестирования с целью проверки осуществления заданных целей. Модульное тестирование, при котором модулем считается блок агента типа

5) Создание агентов X-машины

Создание агентов X-машины и определение способов их взаимодействия между собой.

6) Расширение модели для достижения требуемой функциональности.

Достоинства:

- Реактивность;
- Ситуационный подход;

Литература:

1. Nikolaos Spanoudakis, Pavlos Moraitis. Agent Systems Engineering Methodology: The Development Process
2. Egons Lavendelis. MASITS — A MULTI-AGENT BASED INTELLIGENT TUTORING SYSTEM DEVELOPMENT METHODOLOGY
3. Zambonelli, F., et al., 2005. Multi-Agent Systems as Computational Organisations: The Gaia Methodology. Agent-Oriented Methodologies, (Eds. Henderson-Sellers B., Giorgini P.) Idea Group Publishing, London.
4. V. Julian and V. Botti. Developing Real-Time Multi-Agent Systems
5. DeLoach, S., 2001. Analysis and Design Using MaSE and agentTool. Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference, Oxford OH, March 31 — April 1 2001
6. Petros Kefalas, George Eleftherakis, Evangelos Kehris. A methodology for developing component-based agent systems focusing on component quality

- Гибкость;
- Расширяемость
- Высокое качество

Недостатки:

- Глубокое понимание предметной области разработки
- Жесткая формализация
- Сложность формализации требований

Выводы

В данной статье были рассмотрены методологии проектирования мультиагентных систем, в том числе, применительно к созданию искусственного интеллекта. Приведен анализ популярных подходов к разработке информационных систем на всех этапах создания.

Реализация алгоритма поиска ближайших объектов с помощью K-D tree

Омаров Марат Булатович, студент

Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского

В данной статье разработан алгоритм поиска ближайших объектов с помощью вспомогательной структуры, основанной на K-D tree, а также рассматривается приложение на языке Java, реализующее данный алгоритм.

Ключевые слова: K-D tree, поиск объектов

В современных информационных системах часто появляется необходимость найти объекты в определенной области. Ключевое значение при реализации такой возможности имеют используемые структуры данных и алгоритмы их обработки.

Постановка задачи

В системе будут храниться следующие географические данные: широта, долгота, название объекта.

```
public class Geo {
    private final double latitude;
    private final double longitude;
    private final String title;
}
```

Листинг 1. Структура объекта

Реализуем структуру, ускоряющую поиск по данным. При этом основная задача — поиск всех объектов, находящихся в определённом радиусе от указанной точки.

В качестве структуры данных для ускорения поиска выбрано K-D tree.

Структуру узла можно описать с помощью трёх переменных: значение текущего узла, ссылка на левый узел, ссылка на правый узел.

```
public class Node {
    private final Geo item;
    private final Node left;
    private final Node right;
}
```

Листинг 2. Структура узла

При этом начальным хранилищем информации будет выступать не корень дерева, а контейнер, реализующий интерфейс List. На каждое удаление/вставку новой точки пространства будет происходить перестроение K-D tree.

Построение K-D tree

Используется разбиение исходного множества точек по широте/долготе. Чтобы разбиение получилось равномерным, при нечётном значении глубины дерева проис-

ходит разбиение по долготе, при чётном значении — по широте. Из-за этого, чтобы найти интересующие нас точки пространства, необходимо проверить не все точки (как при полном переборе). Набор данных, которые нужно просмотреть ограничивается теми поддеревьями, которые на определённом шаге удовлетворяют некоторому условию относительно заданной точки. Эти условия зависят от соотношения координат исходной точки и точки, содержащейся в узле.

Построение дерева производится рекурсивно, нам достаточно хранить ссылку на его корень.

```
public Node(List<Geo> geoList, int depth) {
    if (geoList.size() == 1) {
        left = null;
        right = null;
        item = geoList.get(0);
        return;
    }
    Geo [] list = new Geo [geoList.size()];
    geoList.toArray(list);
    if ((depth & 1) == 1) {
        Arrays.sort(list, LONGITUDE_COMPARATOR);
    } else {
        Arrays.sort(list, LATITUDE_COMPARATOR);
    }
    int halfLength = geoList.size() / 2;
    item = list [halfLength];
    Geo [] leftSide = Arrays.copyOfRange(list, 0, halfLength);
    Geo [] rightSide = Arrays.copyOfRange(list, halfLength + 1, list.length);
    if (leftSide.length != 0) {
        left = new Node(Arrays.asList(leftSide), depth + 1);
    } else {
        left = null;
    }
    if (rightSide.length != 0) {
        right = new Node(Arrays.asList(rightSide), depth + 1);
    } else {
        right = null;
    }
}
```

Листинг 3. Формирование K-D tree

Поиск точек в заданной области

Так как мы разбиваем множество не на произвольные области, а на прямоугольные фигуры, то не совсем удобно оперировать координатами исходной точки и радиусом области. Введём следующие обозначения: $x1 = \text{point.getLatitude()} - \text{radius}$, $y1 = \text{point.getLongitude()} - \text{radius}$, $x2 = \text{point.getLatitude()} + \text{radius}$, $y2 = \text{point.getLongitude()} + \text{radius}$. Этими переменными мы описываем координаты прямоугольника, в котором и будет осуществляться поиск интересующих нас точек. Важно отметить, что эти координаты являются центрами каждой из сторон искомого прямоугольника.

Однако перед нами встаёт проблема отсечения точек, расстояние до которых больше заданного радиуса, но при этом они входят в прямоугольник, используемый для поиска. Чтобы такие точки не попали в нужное подмножество, можно осуществлять явную проверку расстояния перед тем, как добавлять очередную точку. Исходя из глубины дерева на каждой итерации, мы проводим сравнение широты/долготы точки из текущего узла и границ прямоугольника, по которому мы проводим поиск ($x1, x2/y1, y2$). В зависимости от их соотношения мы запускаем поиск либо в правое поддерево, либо в левое поддерево, либо в оба.

```
private void searchGeoPoints(final Node temp, final int depth, List<Geo> geoList) {
    if (temp != null) {
        Geo point = temp.getItem();
        double pointX = point.getLatitude();
        double pointY = point.getLongitude();
        double x = x2 - radius;
        double y = y2 - radius;
        if (Math.sqrt((x - pointX) * (x - pointX) + (y - pointY) * (y - pointY)) <= radius) {
            geoList.add(temp.getItem());
        }
        Node leftSon = temp.getLeft();
        Node rightSon = temp.getRight();
        if ((depth & 1) == 1) {
            if (pointY > y2) {
                searchGeoPoints(leftSon, depth + 1, geoList);
            } else if (pointY < y1) {
                searchGeoPoints(rightSon, depth + 1, geoList);
            } else {
                searchGeoPoints(leftSon, depth + 1, geoList);
                searchGeoPoints(rightSon, depth + 1, geoList);
            }
        } else {
            if (pointX > x2) {
                searchGeoPoints(leftSon, depth + 1, geoList);
            } else if (pointX < x1) {
                searchGeoPoints(rightSon, depth + 1, geoList);
            } else {
                searchGeoPoints(leftSon, depth + 1, geoList);
                searchGeoPoints(rightSon, depth + 1, geoList);
            }
        }
    }
}
```

Листинг 4. Поиск точек

Заключение

Данный алгоритм позволяет уменьшить количество просматриваемых элементов при поиске. В лучшем случае оно составляет высоту K-D tree, в худшем — число всех

узлов дерева. Алгоритм можно усовершенствовать, если хранить в узле массив значений. При этом уменьшится количество элементов дерева, а также значительно увеличится скорость поиска.

Литература:

1. K-мерное дерево // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/K-мерное_дерево.

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Обзор систем управления приводом складских транспортных роботизированных платформ

Белоногов Александр Владимирович, студент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассматриваются особенности эксплуатации мобильных складских роботов, проводится анализ требований к приводу, используемому в данных платформах. Предлагаются обзор и анализ, в том числе и с энергетической точки зрения, типов электрического привода для складских роботизированных платформ. Приведены результаты сравнительного анализа векторной системы управления и системы с прямым управлением моментом для вентильного электродвигателя.

Ключевые слова: складские роботы, система управления электроприводом, автоматизированный склад, система управления электродвигателем

В настоящее время распространение применения роботизированных устройств имеет тенденцию устойчивого развития, оцениваемое в 25–30% ежегодного увеличения объема рынка. Уже сейчас объем продаж сервисных, персональных и других роботизированных платформ достигает \$2,2 млрд а количество введенных в эксплуатацию роботов за последний 2014 год оценивается в 4,7 млн [1].

Одной из областей, где применение роботизированных платформ имеет большой потенциал, является организация и управление складами. Автоматизация складских процессов позволяет не только оптимизировать расходы предприятия на их организацию, но и повысить эффективность всего производства, так как все процессы участка, цеха или торгового зала берут начало на складе и заканчиваются там же. Следовательно, от организации складских работ, их эффективности, быстродействия, сведения к минимуму количества возникающих ошибок, оптимизации задействованных площадей зависит ритм работы всего предприятия, его эффективность. Кроме того, внедрение автоматизации склада позволяет как снизить количество задействованного персонала, так и увеличить безопасность оставшихся работников [2].

Широкое и общепринятое применение получил метод организации складов стеллажным способом. Его повсеместное распространение обуславливается простой и надежной схемой взаимодействия всех складских процессов: планирование приема и отгрузки партий, их комплектации, организации учета грузов, адресации и т.д. Функциональная схема организации этого решения представлена на рис. 1. Управление складским комплексом реализовано в виде двух взаимодействующих подсистем: системы задания задач и системы управления мобильными плат-

формами. Первая организует прием задания от персонала и его выполнение. Вторая, базирующаяся на технологическом контроллере, осуществляет управление транспортными платформами [3].

Быстродействие системы, ее производительность и эффективность в первую очередь определяется устройствами исполнителями, т.е. производительностью и эффективностью роботизированных транспортных платформ.

Мобильный складской робот осуществляет функции подъема грузов на стеллажи и их спуска, а также их перемещения. Для качественного выполнения данных операций транспортная платформа должна удовлетворять следующим критериям [4, 5]:

1. Возможность регулирования количества оборотов двигателя в широких пределах: от 8 до 20 к 1. При этом более рационально применять двухзонное регулирование скорости: это обеспечит перемещение грузов с повышенной массой с одной скоростью, а более легких — с увеличенной.

2. В зависимости от применяемых в приводах механизмах требования для минимальных скоростей варьируются в диапазоне от 0.02 до 0.25 м/с.

3. Особенно важны жесткие механические характеристики, не зависящие от величины нагрузки и обеспечивающие заданную скорость.

4. Значение ускорений не должны превышать определенных значений, обычно требуемые ограничения оцениваются в диапазоне от 0.1 до 0.5 м/с². При этом должно обеспечиваться оптимальное быстродействие в переходных процессах.

5. Одно из ключевых требований, передаваемых к складским роботам — высокая точность: 2–5 мм.

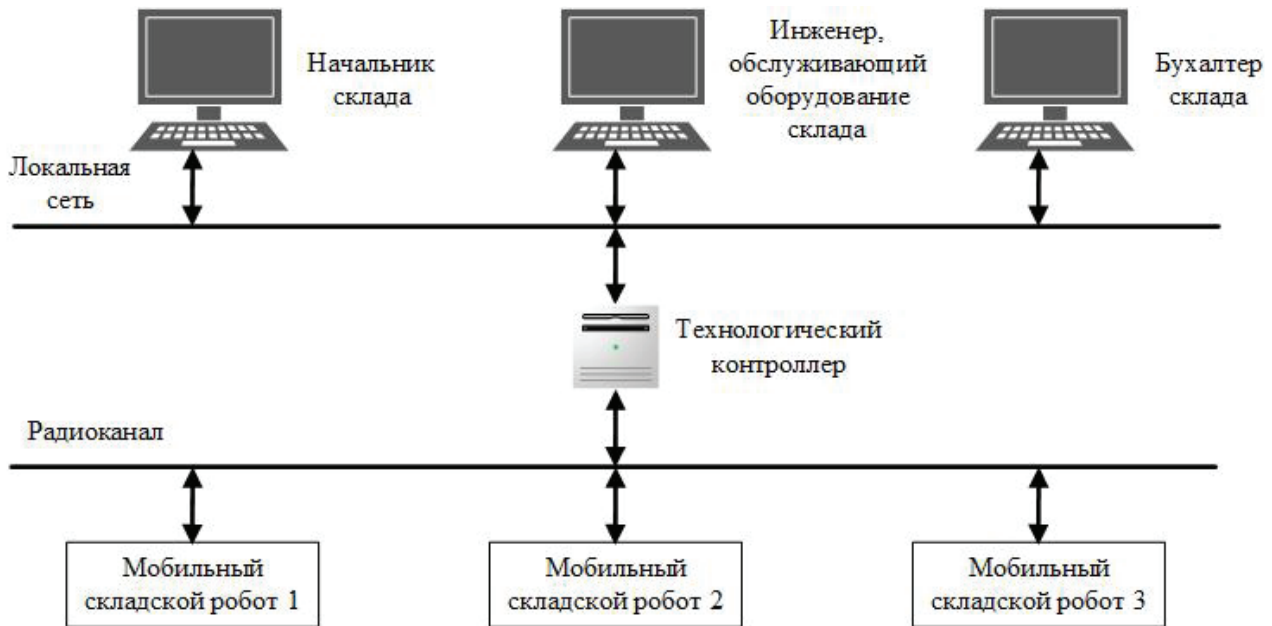


Рис. 1. Функциональная схема автоматизированной системы управления

Возможность удовлетворения выдвинутым к роботизированной платформе требованиям в значительной мере определяются применимыми в ней приводами. Так как в абсолютном большинстве случаев применяются электрические приводы, то эффективность, быстродействие и точность привода определяется как типом электродвигателя, так и системой его управления. Ключевой проблемой всех мобильных платформ также является время автономной работы, обусловленное ограниченным запасом энергии батарей робота. Учитывая этот фактор, наиболее рационально применять вентильные электродвигатели (ВД), обеспечивающие наиболее высокие показатели энергоэффективности и массогабаритные характеристики. [6]

Общепризнанными системами управления вентильным электродвигателем являются векторное управление и прямое управление моментом. Обе системы используют контроль над моментом и магнитным потоком для удовлетворения заданным значениям переходных и статических процессов управления скоростью, в независимости от внешних или внутренних возмущающих воздействий.

Векторная система управления привода с ВД использует принцип ориентирования вектора магнитного потока Ψ . Благодаря использованию постоянных магнитов, магнитный поток неразрывно связан с углом поворота ротора. Т. е. если в системе координат d - q , связанной с ротором, ток $I_d=0$, то величина потокосцепления по оси d будет постоянной. Так как потокосцепление ВД двигателя имеет постоянное значение, электромагнитный момент пропорционален току I_q . Регулирование этого тока осуществляется замкнутой системой управления [7].

Вектор тока проецируется как на ось d , так и на ось q , в тоже время магнитный поток имеет проекцию только на

ось d . Исходя из того, что сгенерированный двигателем момент прямо пропорционален току оси q , а поток ротора по оси d имеет постоянную величину — возможно достижение максимального момента на единицу тока [8].

Схема системы прямого управления имеет в своем составе ПИ регулятор скорости и два регулятора гистерезисного типа. Основным принципом данной системы является выбор вектора напряжения по заранее составленной таблице значений. Организация этого принципа осуществляется при использовании гистерезисных регуляторов потокосцепления статора и момента.

Подробный сравнительный анализ систем векторного управления и прямого управления моментом для вентильного двигателя проведен в [9]. Из выводов данного источника следует, что и та, и другая система имеет преимущества при работе в тех или иных режимах работы.

При работе в переходных, динамических режимах системы с прямым управлением моментом использовать более рационально, благодаря оптимальной обработке возмущающих воздействий.

Тем не менее, при работе в статическом режиме предпочтительнее использование векторных систем управления для ВД. Преимущество объясняется тем, что в данном режиме работы система с прямым управлением момента имеет более худшие показатели качества регулирования системы. Устранение этого недостатка возможно увеличением дискретизации, что выдвигает дополнительные требования к используемым вычислительным ресурсам.

Заключение

Исходя из проведенного анализ требований, выдвигаемых к современным приводам складских мобильных

платформ, наиболее оптимальным для применения является вентильный электродвигатель. Обеспечивая наиболее высокие показатели энергоэффективности среди электродвигателей малой и средней мощности он, в сочетании с системой управления двигателем позволяет полностью удовлетворить выдвинутые требования. Среди си-

стем управления ВД следует выделить систему с прямым управлением момента, которая в сочетании с мощными вычислительными средствами и высокой частотой дискретизации позволяет наиболее эффективно с энергетической точки зрения осуществить точное и быстрое регулирование скорости оборотов двигателя.

Литература:

1. Белоногов, А. В. Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в условиях замкнутого пространства // *Материалы IV Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы»* — 2016. — С. 40–42.
2. Белов, М. П., Губин А. Н. Особенности разработки системы управления электроприводами механизмов робота-штабелера автоматизированного склада // *Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ.* — 2014. — № 6. — С. 61–69.
3. Драницкий, И. О. Использование мобильных роботов для автоматизации складских помещений. // *Вестник науки и образования.* — 2015. — № 6 (8). С. 5–9.
4. Белов, М. П. Современные подходы к структурно-параметрическому синтезу и исследованию систем управления автоматизированными электроприводами. Санкт-Петербург.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 208 с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу / под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. М.: Энергоатомиздат, 1987. 616 с.
6. Мещеряков, В. Н., Петунин А. А. Энергетические характеристики насосных установок с вентильным индукторным и асинхронным короткозамкнутым двигателями. // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения.* — 2007. — № 2. — С. 86–93.
7. Hiren, M., Pankit T., Nemangini V. Comparative study of field oriented control and direct torque control of induction motor // *Journal of information knowledge and research in electrical engineering.* — 2011. — V. 1. — № 2. — P. 44–50.
8. Mohamed, R. Direct Instantaneous Torque Control in Direct Drive Permanent Magnet Synchronous Motors — a New Approach // *IEEE Trans. Energy Conversion.* — 2007. — V. 22. — № 4. — P. 829–838.
9. Рефки, А. Э. В. А., Каракулов А. С., Дементьев Ю. Н., Кладиев С. Н. Сравнительный анализ векторного управления и прямого управления моментом синхронного электродвигателя с постоянными магнитами // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* — 2011. — Т. 319. № 4. — С. 93–99.

5. ЭНЕРГЕТИКА

Применение самозапуска для электродвигателей насосных станций оросительных систем

Абидов Кудрат Гайратович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

Приведены данные исследований при автоматическом самозапуске электродвигателей на насосных станциях. Рассмотрено моделирование переходных процессов в режимах автоматического самозапуска асинхронного электропривода насосной установки с целью выявления характера изменения подачи, напора и момента сопротивления на валу насоса в отмеченных режимах.

На насосных станциях автоматизируются: пуск и остановка насосных агрегатов и вспомогательных насосных установок; контроль и поддержание заданных параметров (например, уровня воды, подачи, напора и т.д.); прием импульсов параметров и передача сигналов на диспетчерский пункт. Автоматизация управлениями насосными станциями является одним из важнейших направлений технического прогресса в области подачи и отведения воды.

Решение вопроса автоматизации самозапуска электродвигателей насосных установок имеет весьма важное значение для недопущения массового отключения потребителей и обеспечения бесперебойной работы современных крупных насосных станций при кратковременных нарушениях электроснабжения. Успешное осуществление автоматического самозапуска электродвигателей ответственных механизмов после кратковременного перерыва электрического питания и глубокого понижения напряжения позволит снизить до минимума ущерб и обеспечить надежную работу станции [4].

Исследование основных характеристик процессов автоматического самозапуска электродвигателей насосных установок удобно и экономично проводить путем математических моделей на ЭВМ с учетом изменения исходных параметров [1]. Натурные исследования процесса самозапуска электродвигателей более трудоемки и дорогостоящи, тем не менее они необходимы для оценки достоверности принятой математической модели. В работе приводятся результаты выполненных натурных исследований неустановившихся процессов при автоматическом самозапуске электродвигателей на насосных станциях [4–5].

Для решения вопроса самозапуска были проведены опыты на типовых насосных станциях Аму-Занг 1-й очереди 2-го подъема Сурхандарьинской области Республики Узбекистан, где установлены асинхронные электродвига-

тели типа ДАЗО-15–59–10У1, $U_H=6$ кВ, $P_H=630$ кВт, $n_H=595$ об/мин, $I_H=80$ А.

На этих станциях при кратковременных погашениях напряжения все двигатели отключаются релейной защитой. Задвижки не закрываются и насосные установки работают в угонном режиме. Это отрицательно влияет на многие узлы агрегатов (выходят из строя сальниковые набивки, расслабляются крепежные узлы и т.п.), что приводит к большим затратам времени и материальных средств на восстановление рабочего состояния агрегатов [5].

Рассматриваемая насосная станция состоит из 16 насосов типа 24НДС и асинхронных двигателей типа ДАЗО. Эксперименты проводились на одной насосной установке № 11 при различных значениях выдержки времени, которая менялась в пределах 1,5–14,5 с. Осциллографировались частота вращения на валу насоса, ток статора, время выбега и время самозапуска. Все двигатели насосной станции получают питание от одной подстанции. Осциллограммы процесса самозапуска для времени перерыва 1,5 и 2,2 с приведены на рис. 1. Из осциллограммы видно, что кратность пускового тока и продолжительность самозапуска растет с увеличением времени погашения напряжения [5].

Хотя на этих установках стоят обратные клапаны, увеличение времени выдержки приводит к повышению кратности пускового тока и длительности пуска. Было согласовано повторное включение масляного выключателя на вводе подстанции трансформатора T_1 , которое составляет 1,5 с, с учетом этого установлено время задержки устройства самозапуска 2 с.

Значение напора гидравлического удара получается меньше манометрического напора насоса, развиваемого при работе его на закрытую задвижку. Это объясняется тем, что гидравлическое сопротивление в насосной установке при самозапуске изменяется не

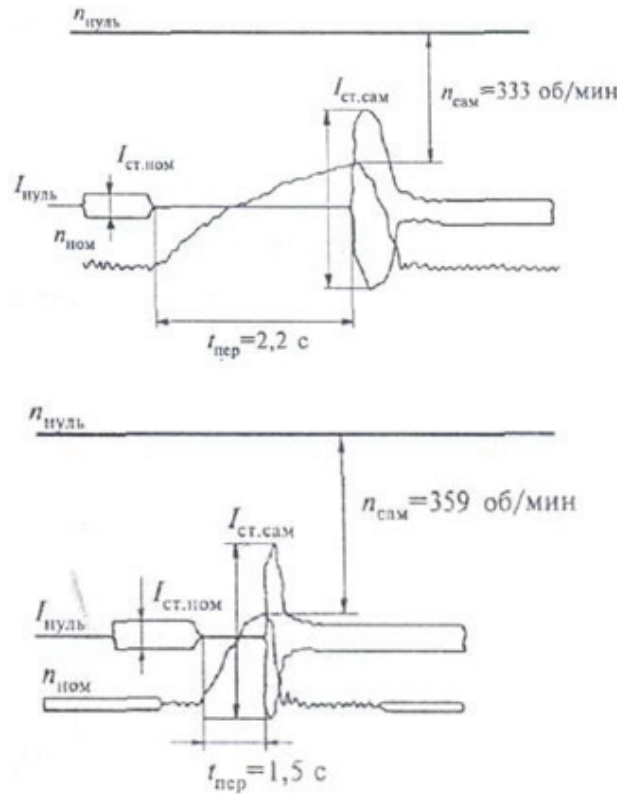


Рис. 1. Самозапуск асинхронного двигателя ДАЗО-15-59-10У1

мгновенно. Оно зависит от значения запускаемой частоты вращения агрегата. Поэтому гидравлический удар получается неполный. В экспериментальной установке длина напорного трубопровода относительно короткая, при самозапуске скорость течения жидкости изменяется медленно.

В данной работе также рассматривается моделирование переходных процессов в режимах автоматического самопуска асинхронного электропривода насосной установки с целью выявления характера изменения подачи, напора и момента сопротивления на валу насоса в отмеченных режимах. В этих режимах протекают гидравлические, механические, электромагнитные переходные процессы. Результаты исследования показывают, что гидромеханическая постоянная времени значительно больше электромагнитной. Поэтому электромагнитная постоянная времени обмоток асинхронного двигателя в режиме самопуска не учитывается.

Гидравлический переходный процесс, учитывающий упругость воды и стенок напорных водоводов, можно описать в форме, где зависимость между изменением давления и скорости движения воды в трубопроводе определяется формулой:

$$\Delta H = \frac{a}{g} \Delta v \tag{1}$$

Процесс гидравлического удара имеет волновой характер и описывается дифференциальными уравнениями в частных производных:

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} = g \frac{\partial H}{\partial x}; \\ \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{g}{a^2} \frac{\partial H}{\partial t}. \end{cases} \tag{2}$$

Общее решение системы имеет вид:

$$\begin{aligned} H &= H_0 + \phi - \psi; \\ v &= v_0 - \frac{g}{a} (\phi - \psi) \end{aligned} \tag{3}$$

где H — напор; v — скорость движения воды в трубопроводе; t — время, с момента возникновения гидравлического удара; a — скорость распространения ударных волн; g — ускорение силы тяжести; x — расстояние от начала координат; ϕ — эквивалентные волны повышения давления; ψ — эквивалентные волны понижения давления.

Кроме того, гидравлический переходный процесс описывается уравнением неустановившегося движения несжимаемой жидкости:

$$H = H_r + h_m + h_L + h_{II} \tag{4}$$

где H — напор насоса; H_r — геометрический напор; h_{II} — инерционный напор; $h_m + h_L$ — потери напора.

Уравнение механического переходного процесса описывается уравнением движения агрегата при неустановившемся режиме:

$$M_{эл} - M_r - M_T = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \tag{5}$$

где $M_{эл}$ — вращающий момент двигателя, определяется по пусковой характеристике двигателя; M_f — гидравлический момент насоса; M_T — момент, затрачиваемый на трение в сальниках и подшипниках агрегата.

Вращающий момент асинхронного двигателя определяется известным выражением:

$$M_{эл} = \frac{3(I_2')^2 R_2'}{\omega_0 S}$$

где I_2' — приведенный ток ротора; R_2' — приведенное активное сопротивление ротора; ω_0 — синхронная угловая скорость двигателя; S — скольжение двигателя.

Для определения гидравлического момента M_f используется четырехкватратная характеристика насоса в виде зависимостей между приведёнными расходом \bar{Q} , частотой вращения \bar{n} , гидравлического момента \bar{M} :

$$\bar{n} = f(\bar{Q}); \bar{M} = f(\bar{Q}) \tag{6}$$

Математически моделируя процесс самозапуска и задавая с различным интервалом времени продолжительность перерыва питания, определяем предельную продолжительность, при которой невозможен самозапуск. В этом случае перестает выполняться одно из условий успешного самозапуска. Зная это время можно правильно настроить режим работы автоматики при восстановлении напряжения. Для точного определения пре-

дельного времени перерыва необходимо имитировать моделирование самозапуска, учитывая все принятые условия.

На основании приведенных уравнений и указаний разработан алгоритм и программа расчета на ЭВМ рассматриваемой задачи. По этой программе рассчитываются критерии для оценки успешности самозапуска насосного агрегата при повторном включении после кратковременного перерыва питания.

На рис. 2 приведена характеристика процесса при интервале перерыва $t_{отк} = 2$ с, построенная по расчетным данным $H=f(t)$, $Q=f(t)$, $n=f(t)$, $M=f(t)$ для асинхронного электродвигателя типа ДАЗО-15-59-10У1, $U_H = 6$ кВ, $P_H = 630$ кВт, $n = 595$ об/мин, $I_H = 80$ А и центробежного насоса типа 24НДС. В момент отключения двигателя $M_{эл}$ мгновенно падает до нуля. Гидравлический момент сопротивления насосной установки M_f и момент трения M_T показанные как M во временной диаграмме, сохраняются. Это приводит к снижению частоты вращения n насоса и развиваемого напора H , из-за него уменьшается подача Q . Хотя параметры n , H , Q уменьшаются, но режим агрегата сохраняется «насосным». В этом интервале времени при включении электродвигателя начинается второй этап, самозапуск. Под действием вращающего момента $M_{эл}$ двигателя происходит разгон насосной установки до установившегося режима.

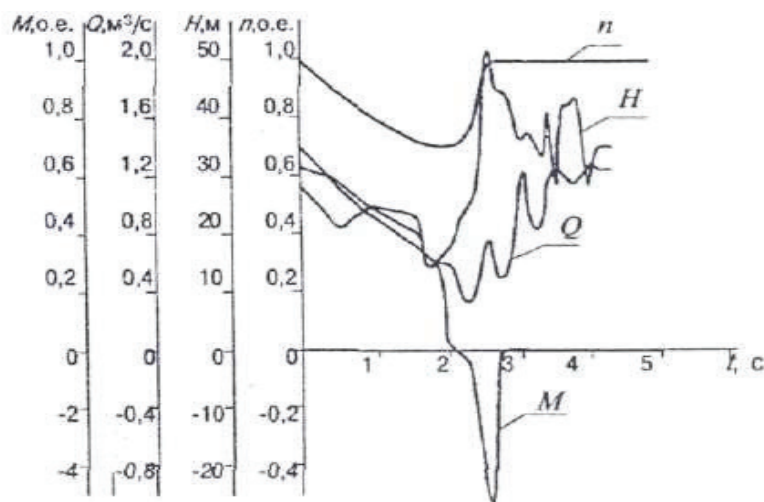


Рис. 2. Результаты расчета самозапуска

Результаты натурных исследований и моделирования на ЭВМ по скоростным параметрам n (рис. 1 и рис. 2) совпадают.

Выводы

Время срабатывания АПВ электрической сети для автоматического самозапуска определяется из режима выбега конкретно заданной насосной установки, при этом необходим контроль восстанавливающегося напря-

жения до значения, обеспечивающего успешный самозапуск.

Система автоматического самозапуска электродвигателей должна учитывать технологические ограничения, действия технологических защит и автоматики восстановления работы вспомогательных механизмов. При проектировании и определении условий их эксплуатации необходимо учитывать влияние различного вида переходных процессов, особенно вызываемых сбросами нагрузки и отключением привода.

Литература:

1. Васильев, Ю. С., Виссарионов В. И., Кукушкин В. А. Решение гидроэнергетических задач на ЭВМ. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 160 с.
2. Голоднов, Ю. М. Самозапуск электродвигателей. 2-е изд. Перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1985. 136 с.
3. Носов, К. Б., Дворок Н. М. Способы и средства самозапуска электродвигателей. М.: Энергоатомиздат, 1992, 144 с.
4. Хашимов, А. А., Хусанов М. А., Абидов К. Г. Устройство для автоматического самозапуска насосных агрегатов. Патент UZ № IAP 02749 / «Официальный бюллетень». 2005. — № 3.
5. Хашимов, А. А., Абидов К. Г. Энергоэффективные способы самозапуска электроприводов насосных станций. — Т.: «Фан ва техналогиялар», 2012, 176 с.

Применение низкотемпературного охлаждения в гелиоэнергетических установках

Зингер Мария Александровна, студент;

Клементьева Ксения Вячеславовна, студент;

Захаров Игорь Вячеславович, доктор технических наук, профессор

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова (Казахстан)

Республика Казахстан принимает активные меры по формированию устойчивой модели развития экономики. Указом Главы Государства Н. А. Назарбаевым утверждена Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Создание устойчивой модели развития экономики Казахстана невозможно без решения вопросов повышения энергоэффективности и энергосбережения.

В рамках законодательной поддержки мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в 2012 году были приняты законы «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности» и подзаконные документы к ним. В августе 2013 года правительством Казахстана утверждена Республиканская программа «Энергосбережение-2020».

В Послании народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства» Президент страны обозначил переход на новый курс устойчиво-сбалансированного развития, поставив среди прочих задач достижение 50% доли альтернативной и возобновляемой энергетики в общей корзине энергобаланса страны к 2050 году [1].

Однако, несмотря на реализацию комплекса законодательных инициатив и мероприятий, общая политика Республики Казахстан в области энергоэффективности нуждается в дальнейшем совершенствовании, в том числе с учетом лучшего международного опыта.

Обобщая выводы экспертов Энергетической Хартии и Ассоциации KAZENERGY, следует сказать, что на их основе рекомендуется целый ряд мероприятий в секторах производства, передачи и распределения электроэнергии в целях минимизации потерь. Одна из рекомендаций экспертов для промышленного сектора экономики

Казахстана: пересмотреть существующие стандарты в отношении промышленного оборудования в целях продвижения применения наилучших технологических решений в области энергоэффективности, в том числе при модернизации и строительстве новых промышленных объектов [1].

Казахстан является крупнейшей центрально-азиатской республикой, имеющей по экспертным оценкам, большой потенциал возобновляемых энергетических ресурсов.

На второй международной бизнес-конференции Азиатского общества, проходившей в 2008 году, Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК оценило потенциал Казахстана более чем в 2,7 трлн кВт. Потенциально возможная выработка солнечной энергии оценивается в 2,5 млрд кВт/ч в год.

Несмотря на то, что Казахстан расположен в северных широтах, потенциал солнечной радиации на территории республики достаточно значителен (составляя 1,3–1,8 тыс. кВт/ч на 1 кв. м в год, количество солнечных часов в году — 2,2–3 тыс.). При этом солнечная энергия может использоваться не только для выработки электроэнергии, но и тепла, что обуславливает возможность точечного внедрения солнечных установок, в том числе и районах, отдаленных от центрального электро- и теплоснабжения [2].

Считается, что главным направлением научного поиска в энергетике должна стать солнечная энергетика. Так, например, в США финансирование фундаментальных исследований в области солнечной энергетики составляют до 50 млн долл. в год [3].

Панели фотоэлектрических элементов превращают сегодня солнечный свет в 3 ГВт электричества. Наше Солнце каждый час испускает энергию в $3,8 \times 10^{23}$ кВт·часов. Из этого на поверхность Земли ежемоментно падает 170000 ТВт, около трети из них отражается об-

ратно в космос. За час поверхность Земли получает от Солнца больше энергии, чем человечество использует за год. Т.о., необходимо практически осуществить аккумуляцию получаемой солнечной энергии наиболее эффективным способом.

Согласно Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», в Казахстане были инициированы проекты по строительству заводов, на которых будет выпускаться как кремниевое сырье, так и готовые фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи).

Наиболее крупный проект реализует ТОО SiliciumKazakhstan, входящее в группу компаний «Баско». В Индустриальном парке г. Темиртау в Карагандинской области стоит завод мощностью 25 тысяч тонн высокочистого кремния, 10,5 тысяч тонн микрокремнезема и 875 тонн кремниевых шлаков. В будущем планируется создать вторую очередь предприятия и довести производство до 50 тысяч тонн высокочистого кремния. Добыча кварца в объеме 130 тысяч тонн в год осуществляется на месторождениях Актас и Ашкеры-III в Улытауском районе Карагандинской области, а в поселке Жезды размещена фабрика по обогащению кварца.

Партнерами компании является германский концерн ThyssenKrupp, российская группа компаний «Титан», а также DeutscheBank. В строительство завода было вложено 94 млн евро. ТОО SiliciumKazakhstan уже обеспечило завод электроэнергией, подписав с AES соглашение о поставке с Экибастузских ГРЭС электроэнергии в объеме 4 тысяч МВт в год [4].

Компания KunRenewables, LancasterGroupKazakhstan планирует построить в г. Астане в Индустриальном парке завод по производству поликристаллического кремния (первый этап), моно- и мультикристаллических пластин (второй этап). В производство планируется инвестировать 390 млн долларов. Компания уже заключила соглашение с AES на поставку электроэнергии с Усть-Каменогорской и Шульбинской ГЭС, с 2009 по 2021 годы в объеме 50 МВт [5].

В октябре 2007 года был начат проект строительства завода элементов солнечных батарей в Актау. Владелец завода — ТОО «SilicaSolar-Aktau», разместил предприятие на территории СЭС «Морпорт Актау». Инвестиции в производство составили 105 млн евро. Проект предполагается реализовать в три этапа. На первом этапе налажено производство кристаллических стержней и пластин (солнечных батарей) годовой суммарной мощностью 110 МВт. На втором этапе производятся электронные платы (ячейки) суммарной мощностью 77 МВт. На третьем этапе — выпуск электронных дисплеев суммарной мощностью 20 МВт. Технология предоставляется немецкой фирмой «SchmidGroup» [4].

В конце декабря 2011 года недалеко от г. Астаны было начато возведение завода по изготовлению солнечных батарей на основе кремния из Казахстана. Строительство завода — часть масштабного проекта, реализуемого

АО «НАК «Казатомпром» по совместительству с консорциумом из Франции во главе с Комиссариатом по альтернативным энергетическим источникам страны. Цель проекта заключается в развитии на территории Казахстана новейших технологий солнечной энергетики и создании промышленной интегрированной линии по производству возобновляемых энергетических источников. Запланировано, что каждый год заводом будут выпущены батареи мощностью 50 МВт с расширением в будущем до 100 МВт. Предприятие включит несколько подразделений, одно из которых будет расположено в г. Астане, другое — в г. Усть-Каменогорске [5].

В конце 2013 г. была открыта Капшагайская солнечная электростанция (СЭС), которую построили специалисты компании «Самрук-Энерго». Ее суммарная мощность составляет 2 мегаватта. При строительстве СЭС был применен комбинированный тип солнечных панелей, 30 процентов из которых являются следящими, а остальные 70 процентов фиксированными. По словам представителей «Самрук-Энерго», важным с точки зрения работы объекта стало применение наиболее эффективных на сегодняшний день в мире монокристаллических панелей, которые при одинаковой площади способны обеспечить более высокое поглощение солнечной энергии, и, соответственно, более высокую производительность по сравнению с другими типами фотоэлектрических панелей.

В 2012 г. консорциум «Солнечная крыша» в Казахстане, состоящий из фирм PRETHERM solutions GmbH, BAE Batterien GmbH, DPU Investment GmbH и PRETHERM GmbH создали «солнечную крышу» в Байконуре, и в Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева в Астане. Обе установки мощностью 10 кВт каждая сооружены на основе Программы DENA «Солнечные крыши», провозглашенной «Немецким энергетическим агентством» (DENA) и финансируемой Федеральным министерством экономики и технологий в рамках экспортной инициативы «Возобновляемые источники энергии». Они будут эксплуатироваться в течение 10 лет.

В 2010 году был дан старт проекту KazPV, главная цель которого создать полное вертикально-интегрированное производство фотоэлектрических модулей на основе казахстанского кремния. KazSilicon добывает кремний в городе Уштобе (Алматинская область). Kazakhstan Solar Silicon в Усть-Каменогорске осуществляет переработку сырья и производит кремниевые ячейки. На предприятии Astana Solar в Астане осуществляется последняя степень передела — сборка фотоэлектрических модулей.

В конце 2012 года в Жамбылской области Кордайском районе была введена в эксплуатацию первая очередь солнечной электростанции «Отар», мощность — 504 кВт, проектная мощность 7 МВт.

В 2013 году в ходе общенационального телемоста «Сильный Казахстан — построим вместе!» был дан старт работе Капшагайской СЭС (г. Капшагай Алматинской области) мощностью 2 МВт, где применена технология

слежения за солнцем. Проект реализован дочерней компанией АО «Самрук-Энерго» ТОО «Samruk-Green Energy».

Согласно Государственной программе «Энергосбережение — 2020» [6], в Казахстане необходимо осуществить повышение технического уровня, расширить освоение и внедрение новых энергоэффективных инновационных технологий, основанных на использовании высокоэффективных надёжных системообразующих и распределительных электрических сетей большой пропускной способности.

Это возможно осуществить при использовании элементных составляющих, построенных на базе высокотемпературной сверхпроводимости. Во многих странах мира созданы и используются высокотемпературные сверхпроводящие (ВТСП) кабели, трансформаторы, электрические машины, ограничители тока, сверхпроводящие индуктивные накопители энергии и т.д.

В университете по электронным технологиям (Китай) разработан проект компактной солнечной энергоустановки, совмещающей в себе криогенные и высокотемпературные сверхпроводящие технологии. Основным принципом работы установки является преобразование солнечной энергии в электрическую посредством ВТСП линейного генератора, приводимого в движение двигателем Стирлинга, работающим от солнечного concentra-

тора. Предполагается, что создаваемая энергоустановка будет полностью автономна, включая систему криогенного обеспечения, способную работать ночью и в пасмурные дни [7].

Рассмотрим предлагаемую конструкцию подробнее. Для сбора солнечной энергии используется жидкостной коллектор и параболическое зеркало, диаметром несколько метров. Рабочая жидкость от коллектора по трубке подается на керамический раздаточный клапан, из которого распределяется на два двигателя Стирлинга. Через тот же клапан к системе подключается тепловой накопитель, исполняющий роль резервного источника питания на случай недостатка солнечного света. Один из двигателей Стирлинга приводит в движение сверхпроводниковый линейный генератор, от другого работает охлаждающий ВТСП обмотки криокулера.

Конструкция сверхпроводникового линейного генератора весьма необычна, он состоит из неподвижного якоря и статора в виде расположенных на жесткой раме медных обмоток. Статор механически соединен с поршнем двигателя Стирлинга и совершает периодическое возвратно-поступательное движение. Якорь представляет собой вакуумированный (давление не более 10^{-5} Па) криостат с ВТСП обмотками постоянного тока внутри. По утверждению авторов проекта, охлаждение автономной энергетической установки при помощи сжиженных газов

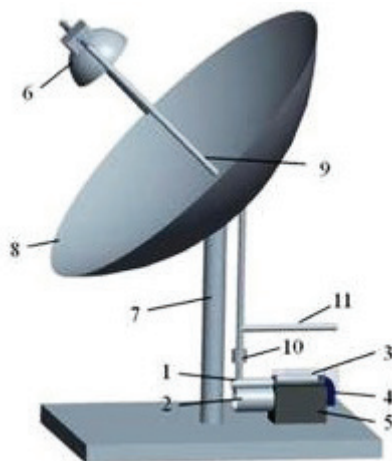


Рис. 1. Общий вид солнечной энергоустановки: 1 – двигатель Стирлинга № 1; 2 – двигатель Стирлинга № 2; 3 – криокулера Стирлинга; 4 – тепловые мосты от криокулера; 5 – линейный ВТСП генератор; 6 – накопители тепла; 7 – опора; 8 – параболическое зеркало; 9 – опора с каналом для рабочей жидкости; 10 – керамический распределительный клапан; 11 – к внешнему накопителю тепла

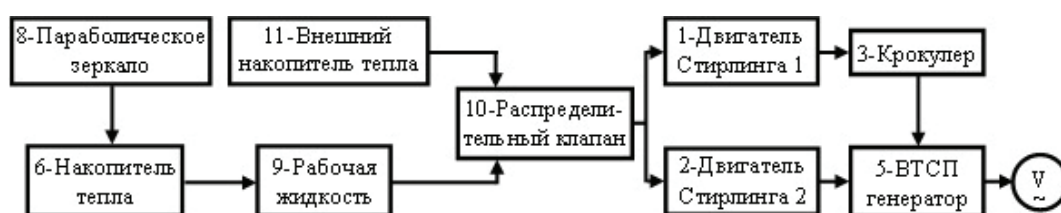


Рис. 2. Структурная схема солнечной энергоустановки

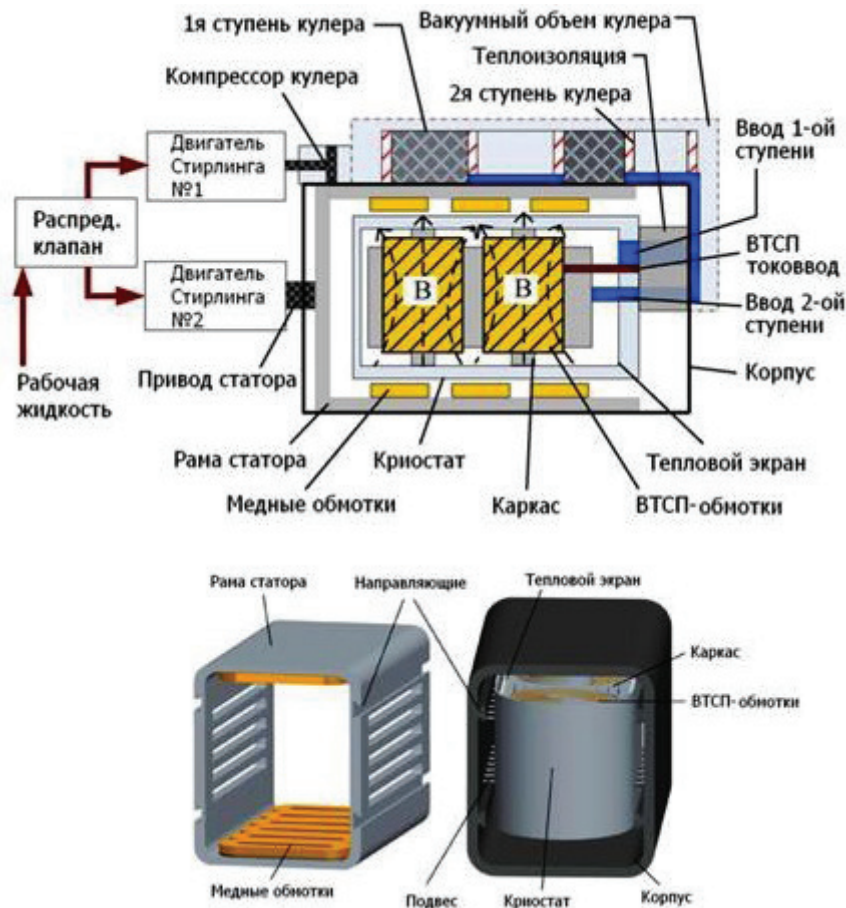


Рис. 3. Функциональная схема солнечной энергоустановки

(неона или азота) неэффективно как с экономической, так и с чисто технической точки зрения. В связи с этим, для поддержания рабочей температуры VTСП обмоток предполагается использовать двухступенчатый криокулер, на цикле Стирлинга, который, в свою очередь, приводится в движение от вспомогательного двигателя Стирлинга, работающего на солнечной энергии. Первая ступень криокулера задействована в охлаждении теплового экрана криостата. Вторая ступень через систему тепловых мостов обеспечивает поддержание рабочей температуры VTСП обмоток. Последние изготовлены в виде большого числа отдельных плоских катушек, что упрощает задачу охлаждения. Каждая VTСП катушка снабжена отдельным медным кожухом, связанным с общим тепловым мостом. Подвесы магнитной системы, тепловых мостов и экрана для уменьшения теплопритоков изготовлены из тефлона.

Авторами проекта произведен тепловой расчет системы с оценкой теплопритоков в криостат по подвесам, тоководам, теплопритоку по излучению и т.д. Согласно расчетам, теплопритоки и тепловыделения составляют 23,3 Вт для первой ступени криокулера и 203,1 мВт для второй ступени. С учетом того, что солнечный коллектор работает с эффективностью порядка 90%, а коэффициент полезного действия двигателя Стирлинга достигает значений в 30%, при диаметре зеркала солнечного коллектора в 3 м и плотности солнечной энергии в 0,7 кВт/

м², выходная механическая мощность для обоих двигателей Стирлинга будет составлять около 5 кВт. При хладпроизводительности криокулера на уровне в 80 Вт при 77 К и 1 Вт при 20 К, суммарные затраты на охлаждение VTСП обмоток не будут превышать 2 кВт.

Здесь необходимо подробнее рассмотреть вопрос баланса распределения энергии. В традиционных солнечных генераторах на цикле Стирлинга тепловая энергия переводится в механическую, а затем — в электрическую. В предложенной конструкции схема перевода энергии из одного вида в другой заметно усложняется, ввиду наличия системы охлаждения. Поскольку тепловая энергия от солнечного коллектора делится на два двигателя Стирлинга, необходимо установить баланс распределения, обеспечивающий максимальную эффективность работы системы в целом. Так подача большей мощности на двигатель системы охлаждения позволит увеличить рабочий ток магнитов (ввиду более эффективного теплоотвода), а значит и напряженность магнитного поля, что, по идее, должно увеличить итоговую мощность генератора. Подобный подход естественным образом снизит количество энергии, подаваемой на двигатель собственно генератора, что снизит рабочую частоту и приведет к падению итоговой мощности, нивелируя тем самым эффект от большего рабочего тока магнитов. Авторами разработки были произведены расчеты, определяющие наиболее эффективную

схему распределения энергии по узлам электростанции. Согласно полученным ими результатам, большую часть тепловой энергии (более 90%) следует направлять на двигатель генератора. При этом установлено, что даже при поддержании мощности, подводимой к системе охлаждения, на постоянном минимально допустимом уровне, выходная мощность станции в целом будет возрастать с увеличением собранной солнечной энергии. В частности, по расчетам, при выходе солнечного коллектора в 10 кВт, итоговая мощность составит около 4,5 кВт. При возрастании мощности коллектора до 30 кВт, выходная мощ-

ность достигнет значения в 15 кВт. Аналогичный расчет был проведен для энергоустановки с традиционными постоянными магнитами. Для нее, как показали результаты, при отводимой от солнечного коллектора мощности в 30 кВт, вырабатываемая мощность не превысит 9–10 кВт.

Представленный вариант использования низкотемпературного охлаждения является одним из первых случаев применения его в солнечных энергетических установках. Однако, обладая достаточно серьезными техническими преимуществами, подобные устройства, безусловно, будут все больше иметь применение в гелиоэнергетике.

Литература:

1. Обзор государственной политики Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. Секретариат Энергетической Хартии, Брюссель, 2014. — 225 с.
2. Анализ развития и распространения передовых технологий в области энергоэффективности и возобновляемой энергетики в Казахстане. Проект Европейской Экономической Комиссии ООН. Алматы, 2012. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/gee21/projects/Study_KZ.pdf. — Загл. с экрана.
3. Science 2005, 309, 548.
4. Перспективы развития солнечной энергетики в Казахстане. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.solarsystem.kz/ru/info.php>. — Загл. с экрана.
5. Интервью генерального директора ТОО «AstanaSolar» В. Советского «Развитие солнечной энергетики в Казахстане: реальность и перспективы». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.astanasolar.kz/ru/news/rasvitie-solnechnoy-energetiki-v-kazahstane>. — Загл. с экрана.
6. Программа «Энергосбережение — 2020». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300000904>. — Загл. с экрана.
7. Z. H. Wu, J. X. Jin, IEEE Transactions Applied Superconductivity, 24, 520300 (2014).

Определение электрических параметров схемы испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки

Литвинов Артем Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;

Бернс Павел Александрович, студент;

Абишов Ербол Гайдарович, студент;

Родина Дарья Евгеньевна, студент;

Логинова Екатерина Станиславовна, студент

Омский государственный университет путей сообщения

Для определения электрических параметров схемы испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки (рисунок 1) проведены экспериментальные исследования на физической модели [1], реализованной на базе общепромышленных асинхронных двигателей АДМ71В4У2.

На рисунке 1 обозначены следующие элементы: АМ1, АМ2 — испытуемые асинхронные двигатели; 1, 2 — преобразователи частоты; 1.1, 1.2 — неуправляемые выпрямители первого и второго частотных преобразователей; 1.2, 2.2 — звенья постоянного тока первого и второго частотных преобразователей; 1.3, 2.3 — управляемые инверторы первого и второго частотных преобразователей; 5, 6 — контакторы; 7, 8, 9 — ваттметры; 10 — амперметр постоянного тока; 11 — вольтметр постоянного тока; 4 — общая шина постоянного

тока; 3 — механическая связь валов двигателей АМ1 и АМ2, вращающихся с одинаковой угловой частотой [2].

Экспериментальные исследования, результаты которых приведены в таблице 1, выполнены в следующем порядке: замыкание одного из контакторов 5 или 6, обеспечили питание схемы испытаний от неуправляемого выпрямителя одного из преобразователей частоты, далее выполнены необходимые измерения.

Экспериментальные исследования, результаты которых приведены в таблице 2, выполнены в следующем порядке: замыкание обоих контакторов 5 и 6, обеспечили питание схемы испытаний от неуправляемого выпрямителя обоих преобразователей частоты, далее выполнены необходимые измерения.

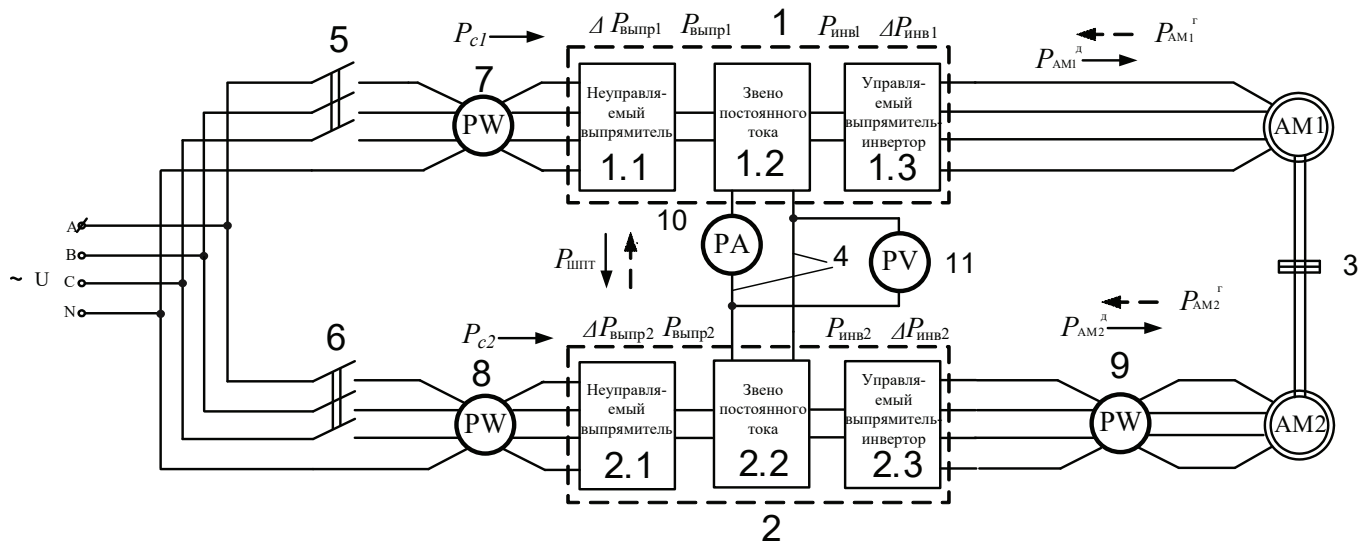


Рис. 1. Схема для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки с использованием двух преобразователей частоты и комплектом электроизмерительных приборов

Таблица 1

Результаты экспериментов при питании стенда от неуправляемого выпрямителя одного из преобразователей частоты

f _к , кГц	f ₁ , Гц	f ₂ , Гц	Параметры, потребляемые из сети				P _{штт} , Вт	Параметры, измеряемые анализатором качества AR-5			
			P _с , Вт	S _с , ВА	I _с , А	cosφ _с		U _д , В	I _д , А	P _д , Вт	cosφ _д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	50	50	400	748	0,345	0,53	197,69	238	1,76	136	0,11
	47	50	495	896	1,28	0,55	599,55	232	1,77	526	0,43
	44	50	730	1260	1,83	0,58	986,58	228	2,05	915	0,65
	41	50	1080	1800	2,6	0,6	1333,4	229	2,4	1266	0,77
	53	50	490	870	1,26	0,56	111,33	236	2,1	179	0,12
	56	50	656	1128	1,63	0,58	326,03	241	2,47	404	0,23
	59	50	895	1475	2,13	0,6	433,76	230	2,75	530	0,28
8	62	50	1124	1837	2,67	0,61	473,76	231	2,9	568	0,28
	50	50	407	744	1,1	0,55	199,75	237	1,79	168	0,13
	47	50	490	900	1,3	0,54	594,88	228	1,77	562	0,46
	44	50	715	1267	1,85	0,56	1007,1	230	2,1	965	0,67
	41	50	1065	1827	2,66	0,58	1406,2	235	2,5	1350	0,77
	53	50	510	918	1,33	0,56	110,02	232	2,1	155	0,11
	56	50	680	1196	1,74	0,57	339,75	223	2,48	390	0,24
16	59	50	922	1587	2,31	0,58	454,86	233	2,8	497	0,25
	62	50	1170	1975	2,84	0,59	516,88	227	2,97	554	0,27
	50	50	459	844	1,24	0,54	224,25	230	1,79	193	0,16
	47	50	530	982	1,42	0,54	562,52	222	1,74	524	0,45
	44	50	726	1306	1,89	0,56	922,53	223	1,95	884	0,68
	41	50	1027	1781	2,58	0,58	1282,5	224	2,34	1224	0,78
	53	50	530	982	1,43	0,54	63,14	226	2,06	103	0,07
56	50	675	1214	1,76	0,56	273,89	228	2,42	320	0,19	
59	50	890	1542	2,2	0,58	406,12	224	2,7	452	0,25	
62	50	1120	1897	2,74	0,59	466,58	229	2,9	507	0,25	

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- потребляемая из сети мощность изменяется от холостого хода до полуторного значения номинальной мощности испытуемого асинхронного двигателя;
- коэффициент мощности при испытании асинхронной машины в режиме двигателя изменяется от 0,11 до 0,75; при испытании асинхронной машины в режиме генератора — от 0,08 до 0,28;
- наименьшие потери в инверторе обеспечиваются при частоте коммутации 8 кГц;

- передаваемая мощность по общей шине постоянного тока может достигать значений сопоставимых с мощностью преобразователя частоты. Данное положение требует учесть при подборе преобразователя частоты по мощности под конкретный тип двигателей, т.к. согласно Руководства по подключению общей шины постоянного тока, передаваемая мощность не должна превышать номинальной мощности преобразователя частоты;
- полученные результаты использованы при составлении методики определения потерь в основных элементах схемы [3].

Таблица 2

Результаты экспериментов при питании стенда через выпрямители обоих частотных преобразователей

f_1 , Гц	f_2 , Гц	Преобразователь частоты № 1				Преобразователь частоты № 2				$P_{шт1}$, Вт	Параметры, измеряемые AR-5			
		P_{c1} , Вт	S_{c1} , ВА	I_{c1} , А	$\cos\varphi_{c1}$	P_{c2} , Вт	S_{c2} , ВА	I_{c2} , А	$\cos\varphi_{c2}$		U_d , В	I_d , А	P_d , Вт	$\cos\varphi_d$
49	50	170	320	0,48	0,53	240	427	0,62	0,56	107	231	1,7	301	0,26
47	50	168	317	0,45	0,53	316	555	0,79	0,57	301	239	1,8	563	0,44
45	50	330	580	0,83	0,57	442	755	1,1	0,59	480	233	1,9	820	0,62
43	50	253	458	0,65	0,55	580	970	1,4	0,60	575	240	2,2	1065	0,67
41	50	330	590	0,74	0,56	730	1200	1,08	0,61	656	235	2,4	1270	0,75
51	50	260	463	0,67	0,56	170	330	0,97	0,52	278	238	2	115	0,08
55	50	432	750	0,99	0,58	180	356	0,98	0,51	450	232	2,3	263	0,16
57	50	540	910	1,23	0,59	200	375	0,81	0,53	577	232	2,6	364	0,20
59	50	650	1080	1,35	0,60	237	435	0,71	0,54	691	240	2,7	430	0,22

На рисунке 2 показан график зависимости отношения потребляемой мощности двигателя к его номинальной мощности от мощности, потребляемой из сети. Как видно из рисунка 2, при одной и той же потребляемой мощности из сети, служащей для компенсации потерь в схеме, мощность, подведенная к двигателю в случае изменения питающего напряжения вниз от 50 Гц, оказалась больше мощ-

ности двигателя, чем в случае регулирования питающего напряжения выше 50 Гц.

По рисунку 2 можно также сделать вывод о том, что метод регулирования нагрузки вверх от номинальной частоты питающего напряжения, в диапазоне $f = 50, 51 \dots 60$ Гц является более энергоемким при снятии рабочих характеристик.

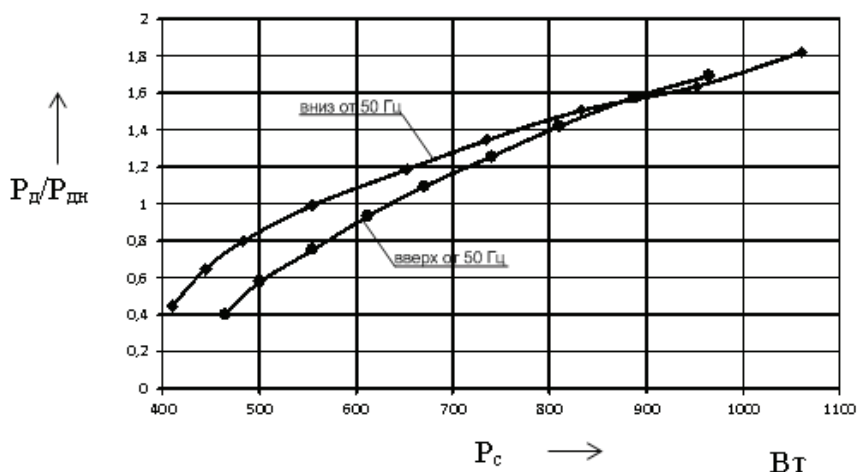


Рис. 2. Зависимость отношения мощности, потребляемой двигателем к его номинальной мощности от мощности, потребляемой из сети

Литература:

1. Авилов, В. Д., Данковцев В. Т., Попов Д. И., Литвинов А. В. Физическая модель испытательной станции асинхронных тяговых двигателей с использованием метода взаимной нагрузки // Инновационные проекты и новые технологии для транспортного комплекса: Материалы четвертой научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки и 110-летию ОмГУПС (8 февраля 2012 г.). Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2012. С. 69–73.
2. Литвинов, А. В. Совершенствование технологии испытаний асинхронных тяговых двигателей локомотивов: дис. канд. технических наук. Омский гос. университет путей сообщения, Омск, 2014.
3. Харламов, В. В., Попов Д. И., Литвинов А. В. Методика определения потребляемой мощности во время испытаний асинхронных тяговых двигателей методом взаимной нагрузки с учетом особенностей их питания // «Известия Транссиба». Научно-технический журнал. ОмГУПС. 2015. № 3. С. 53–62.

Экспериментальная оценка влияния работы преобразователей частоты на форму сигналов токов и напряжений

Литвинов Артем Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Бернс Павел Александрович, студент;
Абишов Ербол Гайдарович, студент;
Родина Дарья Евгеньевна, студент;
Логинова Екатерина Станиславовна, студент
Омский государственный университет путей сообщения

Исследуемая схема испытаний состоит из двух однотипных преобразователей частоты 1 и 2, получающих питание от трехфазной сети, двух однотипных испытуемых асинхронных двигателей АМ1 и АМ2, механически связанных между собой посредством муфты 3 и получающих питание от преобразователей частоты 1, 2. Преобразователи частоты 1 и 2, используемые в схеме испытаний, состоят из неуправляемых выпрямителей 1.1 и 2.1, звеньев постоянного тока 1.2 и 2.2, управляемых инверторов 1.3 и 2.3. Связь преобразователей частоты 1 и 2 реализуется с помощью шины постоянного тока 4, соединяющей звенья постоянного тока 1.2 и 2.2 частотных преобразователей 1 и 2 (рисунок 1).

Схема работает следующим образом. Подведенное трехфазное напряжение поступает к неуправляемым выпрямителям 1.1 и 2.1, где оно преобразуется в постоянное напряжение, инвертируется с помощью управляемых инверторов 1.3 и 2.3 в переменное напряжение, требуемой амплитуды и частоты и подается для питания испытуемых асинхронных двигателей АМ1 и АМ2. Для реализации режима взаимной нагрузки необходимо уменьшить частоту вращения магнитного поля на одном из асинхронных двигателей АМ1 или АМ2 по сравнению с частотой вращения вала: разогнав двигатель АМ1 и АМ2 на холостом ходу до определенной частоты вращения, снизить частоту питающего напряжения на одном из частотных преобразователей 1 или 2. Например, если АМ1, получает напряжение от преобразователя 1 с меньшей частотой, то АМ1 переходит в генераторный режим. Вырабатываемая генератором АМ1 электрическая энергия поступает в звено постоянного

тока 1.2 преобразователя частоты 1, и далее по шине постоянного тока 4 поступает в звено постоянного тока 2.2 преобразователя частоты 2, который осуществляет питание испытуемого двигателя АМ2 [1].

Основными элементами схемы испытаний, за счет которых достигается эффект энергосбережения, являются преобразователи частоты 1 и 2. Как отмечалось выше, в состав преобразователей частоты входят неуправляемые и управляемые выпрямители, которые являются нелинейными элементами. Нелинейность этих элементов напрямую влияет на показатели качества электрической энергии. В работе не ставилась задача определения показателей качества, необходимо было лишь оценить, как влияет работа преобразователей частоты в составе схемы испытаний асинхронных двигателей, на форму сигнала токов и напряжений в сети и поступающих для питания испытуемого асинхронного двигателя.

Испытания проводились прибором по оценке качества электрической энергии МИК-3, разработанным на кафедре «Автоматика и системы управления» Омского государственного университета путей сообщения, на стенде [2], предназначенном для проведения испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки.

Результаты полученных осциллограмм токов и напряжений представлены на рисунках 2–5. При этом на рисунке 2 — результаты измерений прибором МИК-3 со стороны сети (на входе преобразователей частоты) (рисунок 1), рисунки 3–5 — результаты измерений прибором МИК-3 со стороны питания испытуемого асинхронного двигателя (на выходе преобразователей частоты).

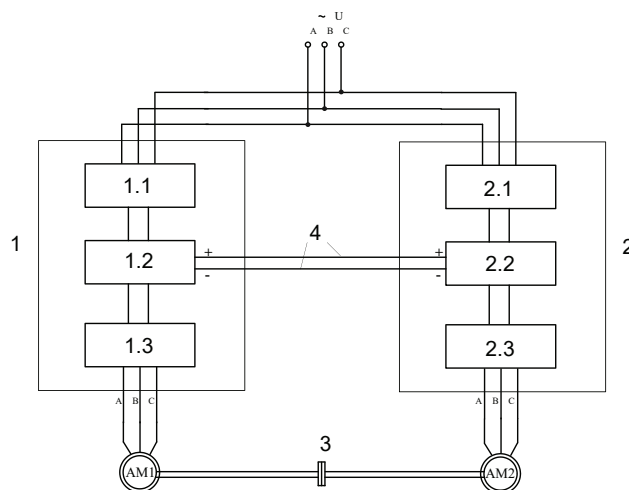


Рис. 1. Схема испытаний асинхронных двигателей методом их взаимной нагрузки с использованием двух преобразователей частоты

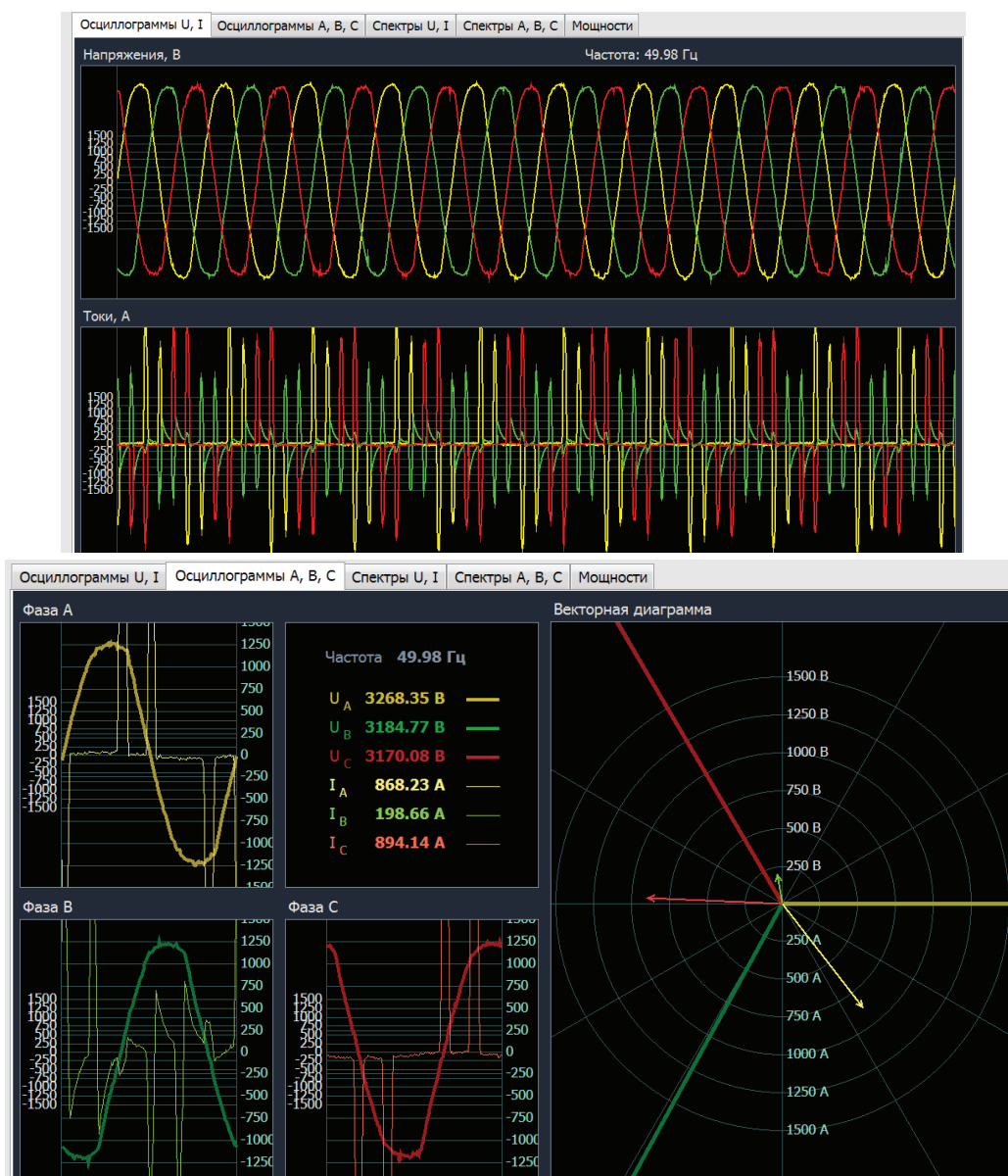


Рис. 2. Форма сигналов токов и напряжений по каждой из фаз, полученная в результате измерений со стороны сети (на входе частотных преобразователей)

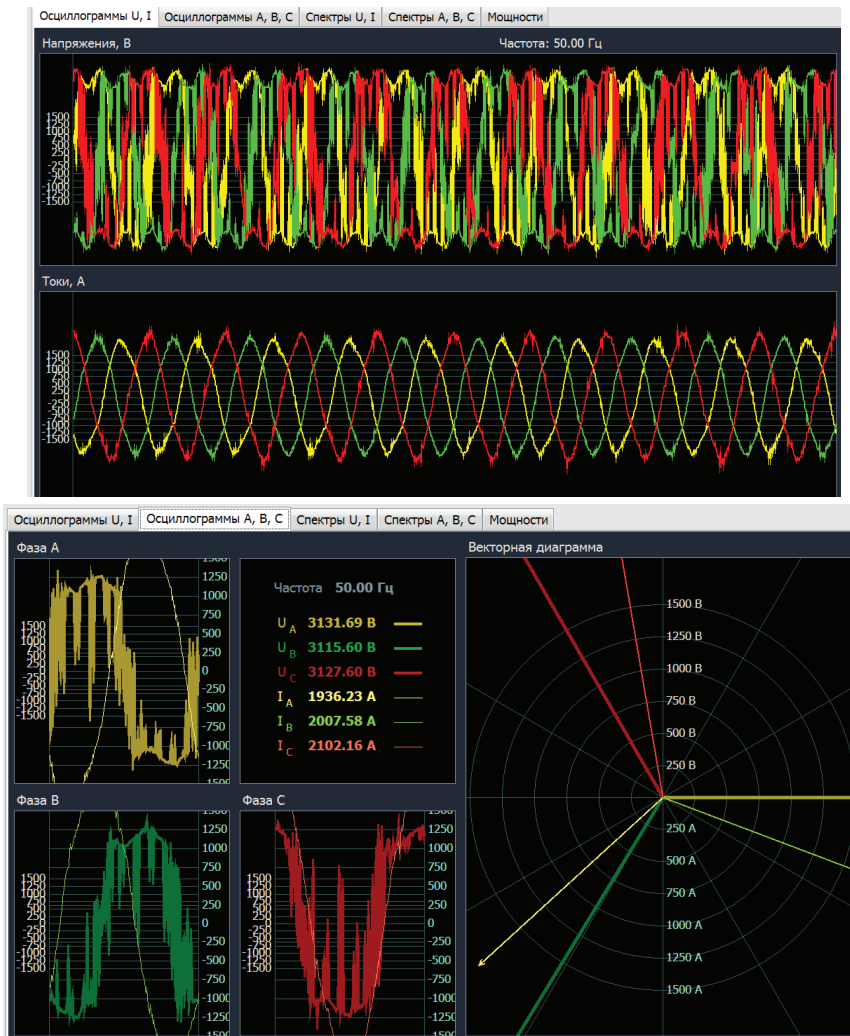


Рис. 3. Форма сигналов токов и напряжений по каждой из фаз, полученная в результате измерений со стороны испытуемого двигателя (на выходе частотных преобразователей) при частоте коммутации транзисторов преобразователей 4 кГц

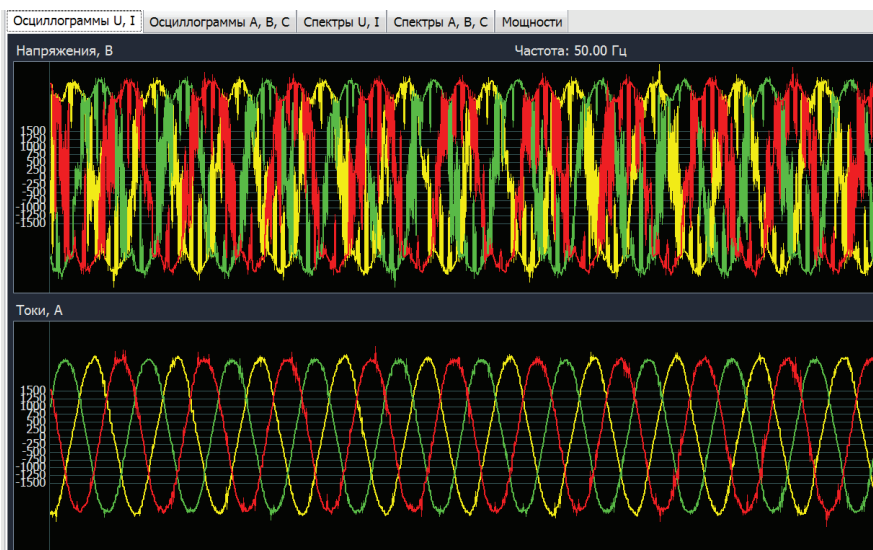


Рис. 4 а. Форма сигналов токов и напряжений по каждой из фаз, полученная в результате измерений со стороны испытуемого двигателя (на выходе частотных преобразователей) при частоте коммутации транзисторов преобразователей 8 кГц

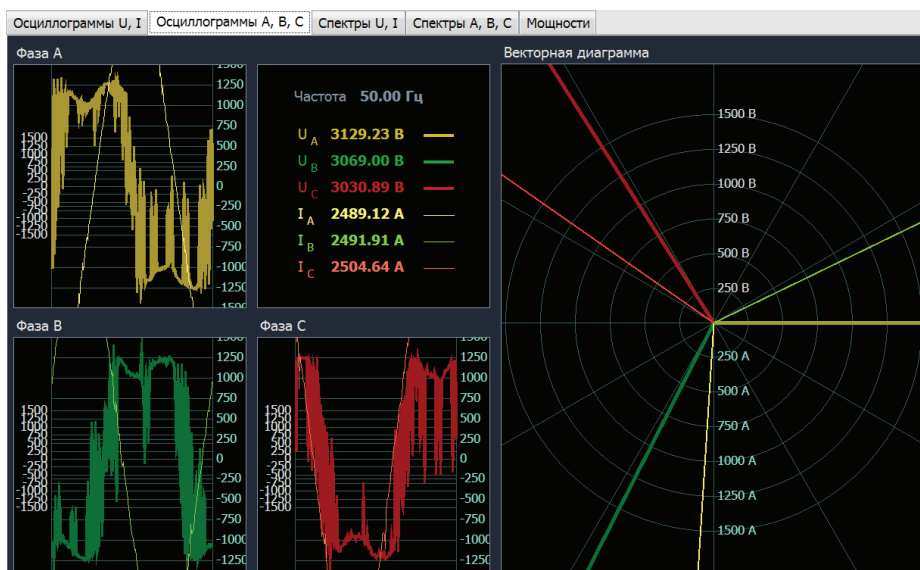


Рис. 4 б. Форма сигналов токов и напряжений по каждой из фаз, полученная в результате измерений со стороны испытуемого двигателя (на выходе частотных преобразователей) при частоте коммутации транзисторов преобразователей 8 кГц

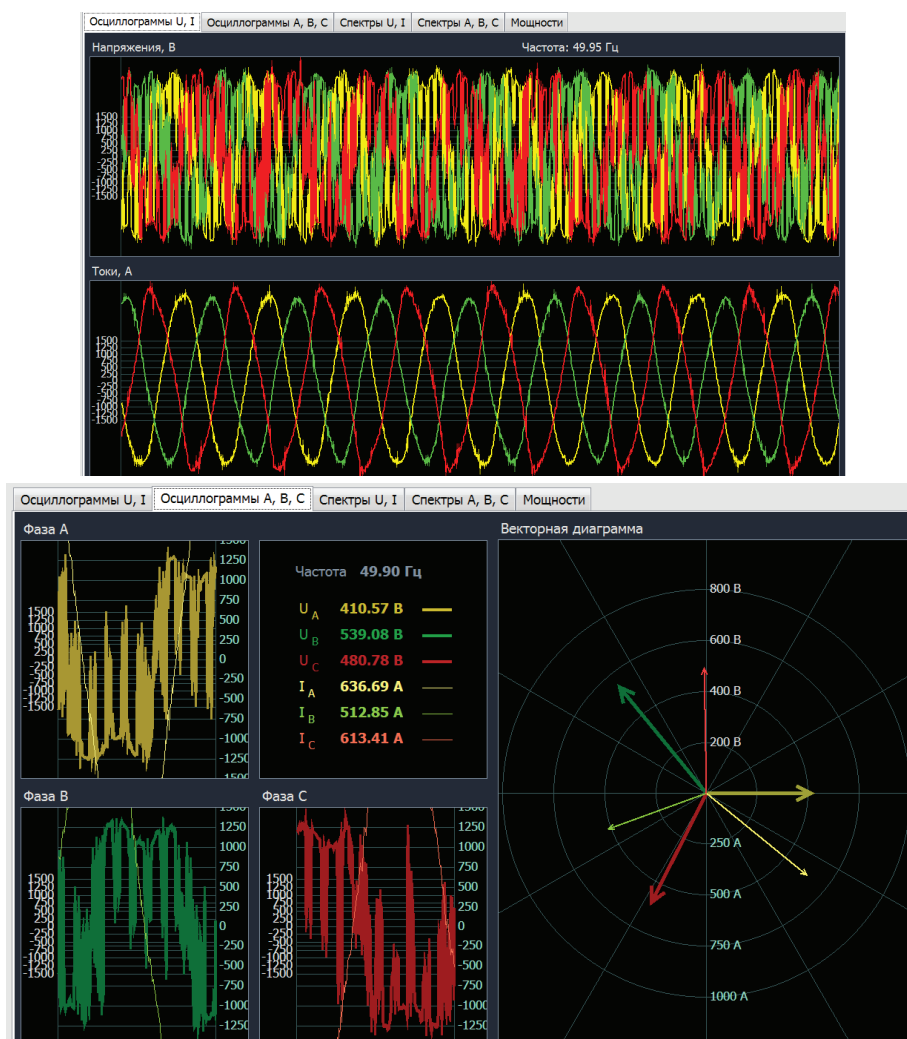


Рис. 5. Форма сигналов токов и напряжений по каждой из фаз, полученная в результате измерений со стороны испытуемого двигателя (на выходе частотных преобразователей) при частоте коммутации транзисторов преобразователей 16 кГц

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов, можно сделать следующие выводы: работа преобразователей частоты влияет на форму сигналов токов и напряжений, как при измерении этих сигналов на входе преобразователей частоты, так и на выходе. На входе преобразователей частоты (рисунок 2) следует отметить, что напряжения носят синусоидальный характер, а токи —

нелинейный. На выходе преобразователей частоты (рисунки 3—5) при различной частоте коммутации транзисторов этих преобразователей, отмечается синусоидальный характер изменения токов и несинусоидальный характер напряжений с большим количеством спектра гармоник высших порядков, при этом ширина спектра гармоник высших порядков увеличивается с увеличением частоты коммутации транзисторов.

Литература:

1. Литвинов, А. В. Совершенствование технологии испытаний асинхронных тяговых двигателей локомотивов: дис. канд. технических наук. Омский гос. университет путей сообщения, Омск, 2014.
2. Авилов, В. Д., Данковцев В. Т., Попов Д. И., Литвинов А. В. Физическая модель испытательной станции асинхронных тяговых двигателей с использованием метода взаимной нагрузки // Инновационные проекты и новые технологии для транспортного комплекса: Материалы четвертой научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки и 110-летию ОмГУПС (8 февраля 2012 г.). Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения., 2012. С. 69—73.

Разработка научно-технических решений прямого преобразования тепловой энергии двигателей внутреннего сгорания в электрическую

Хрипач Николай Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Папкин Борис Аркадьевич, кандидат технических наук;
Коротков Виктор Сергеевич, ведущий инженер-исследователь;
Иванов Денис Алексеевич, ведущий инженер-исследователь;
Татарников Алексей Павлович, инженер-исследователь
Московский политехнический университет

Одним из направлений утилизации тепловой энергии, отводимой системой охлаждения двигателей внутреннего сгорания, является прямое преобразование ее в электроэнергию в термоэлектрических генераторах. В настоящее время крупнейшие автопроизводители разработали собственные термоэлектрические генераторы для утилизации тепловой энергии отработавших газов [1—3] и проводят их испытания, как лабораторные, так и в составе транспортных средств. При этом, другой не менее перспективный источник теплоты, такой как система охлаждения двигателя, позволяющий дополнительно улучшить энергоэффективность силовой установки в целом, практически не рассматривается.

Термоэлектрические модули, используемые для прямого преобразования энергии, имеют такие уникальные качества, как полная автономность, высокая надежность, простота эксплуатации, долговечность, способность работать в любом пространственном положении. Их работоспособность не зависит от внешней среды, они обладают способностью работать от любых источников тепловой энергии, имеют высокие энергомассовые характеристики. Ниже представлено описание работ и патентов связанных с исследованием и разработкой термоэлектрических генераторов (ТЭГ), предназначенного для утилизации тепловой энергии системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания, а не системы выпуска отработавших газов.

Например, в работах [4, с. 523, 5 с. 812] представлено исследование термоэлектрического генератора интегрированного в систему охлаждения двигателя внутреннего сгорания на место штатного радиатора охлаждения, для повышения экономии топлива и сокращения выбросов CO₂ с отработавшими газами. Данный ТЭГ представляет собой систему из двух теплообменников — жидкостного и воздушного с расположенными между ними термоэлектрическими модулями и имеет в своей конструкции тепловые трубки (всего 128 штук). При этом наличие в конструкции ТЭГ тепловых трубок значительно увеличивает стоимость его производства, что не может в полной мере компенсироваться ростом рассеиваемой тепловой мощности при сохранении габаритных размеров теплообменников.

Основными направлениями исследования в области систем прямого преобразования тепловой энергии двигателей внутреннего сгорания в электрическую, являются:

1) конструкция термоэлектрического генератора;

Различными авторами рассматривается возможность использования в конструкции тепловых аккумуляторов [6], одновременной утилизации тепловой энергии отбираемой как от системы охлаждения двигателя, так и от системы выпуска отработавших газов [7] или применение различных типов тепловых трубок [8, 9]. Примеры конструкции показаны на рисунке 1

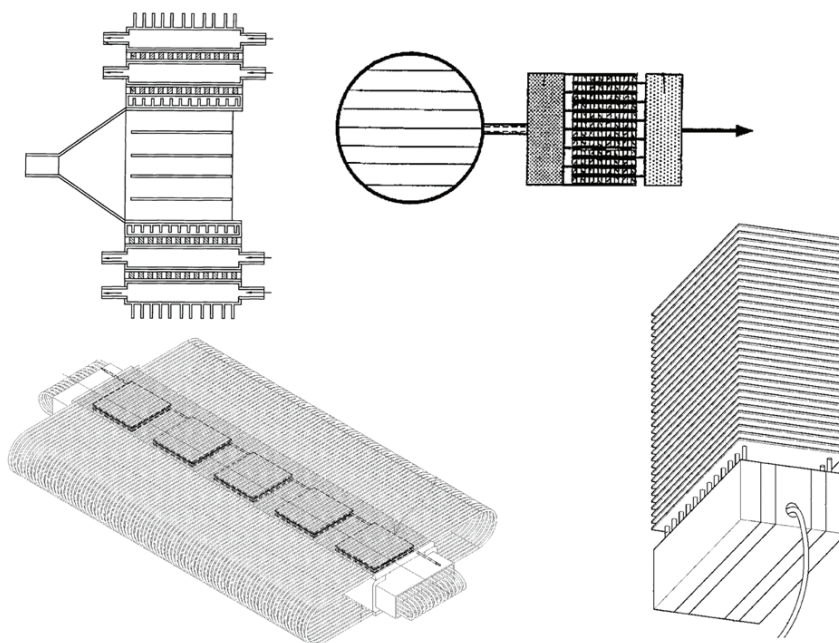


Рис. 1. Примеры конструкции ТЭГ [6–9]

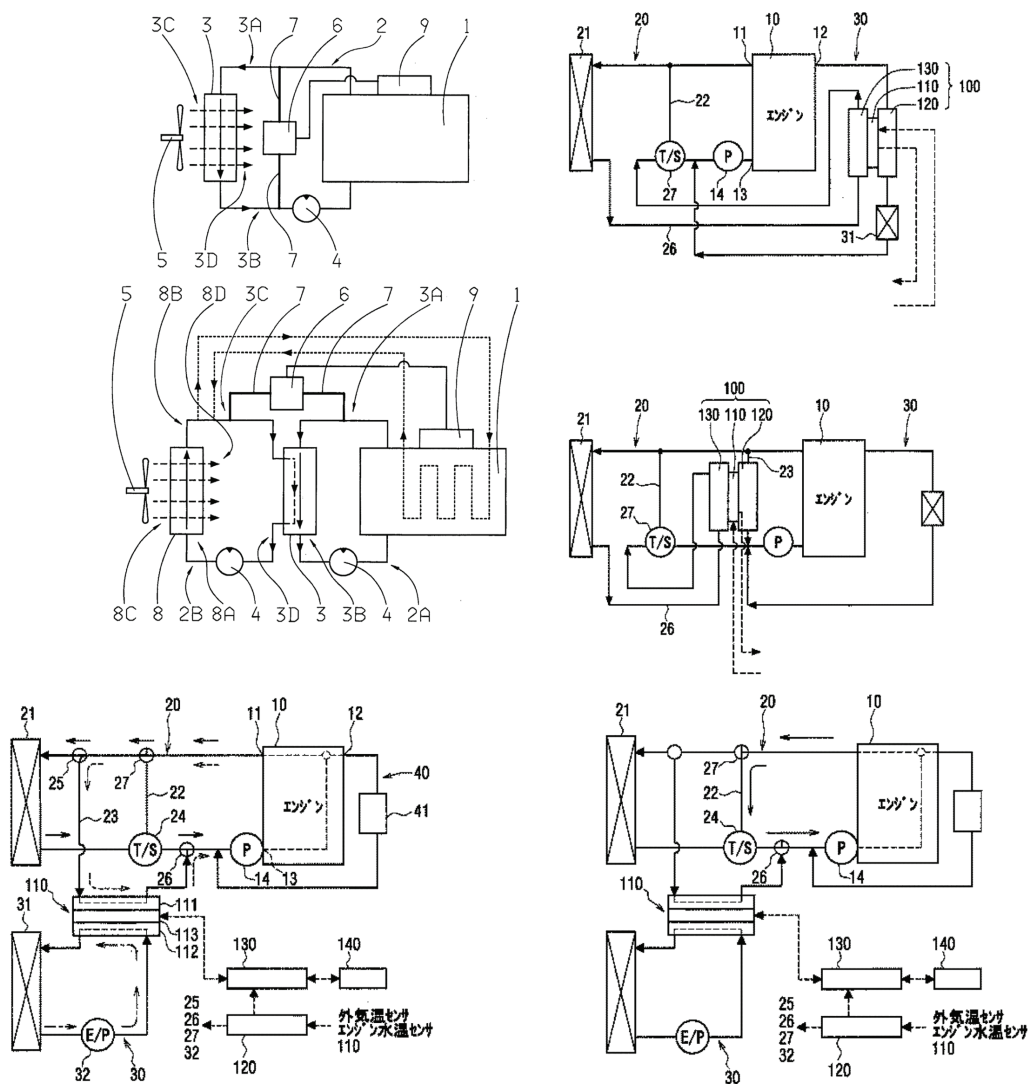


Рис. 2. Схемы расположения ТЭГ [10–12]

2) расположение термоэлектрического генератора в транспортном средстве;

Предложены разнообразные схемы, часть которых представлена на рисунке 2, с внедрением разработанного термоэлектрического генератора в существующую систему охлаждения двигателя [10,11], так и с созданием отдельной замкнутой системы, оснащенной собственным насосом, радиатором и вентилятором [12].

3) способ отвода тепла от термоэлектрических генераторных модулей.

Следствием недостаточности объема проводимых научно-исследовательских работ в данной области является отсутствие патентных документов Российской Федерации на термоэлектрические генераторы для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Изобретательская активность по странам патентования и годам публикации представлена в таблице 1.

Наиболее активно тематикой систем прямого преобразования тепловой энергии двигателей внутреннего сгорания в электрическую занимаются автопроизводители, такие как GM и Toyota, производители компонентов для двигателей внутреннего сгорания, такие как Behr и Denso, а также научно-исследовательские организации. Учитывая факт отставания российских исследователей в области создания термоэлектрических генераторов и отсутствие на территории РФ задела по данному научному направлению, очевидна актуальность выбранной тематики и возможность достижения научно-технических результатов, превосходящих мировой уровень.

В ходе патентного поиска были выявлены и отобраны патентные документы, наиболее соответствующие тематике исследуемого объекта. Анализ патентных документов позволил в ходе выполнения научно-исследовательской работы разработать патентоспособную конструкцию термоэлектрического генератора.

При проведении исследовательских работ были применены теоретические методы прогнозирования, методы анализа научно-технической документации, численные методы при изучении процессов распределения и потребления энергии. В ходе выполнения работы были использованы оригинальные исследовательские методики и технологии

в т.ч.— системы автоматизированного проектирования. Результаты выполненных работ могут быть использованы при проектировании термоэлектрических генераторов для преобразования энергии тепловых двигателей внутреннего сгорания. Полученный задел является базой для дальнейшего исследования и развития термоэлектрических генераторов для двигателей внутреннего сгорания.

Основными отличиями разработанного термоэлектрического генератора являются непосредственный контакт воздушных охладителей с термоэлектрическими модулями и сохранение габаритных и присоединительных размеров. В данной работе в качестве прототипа для разработки термоэлектрического радиатора, как ключевого элемента ТЭГ, был использован автомобильный радиатор 21230–1301012. Конструкция разработанного термоэлектрического радиатора, предназначенного для установки в системе охлаждения двигателя внутреннего сгорания, показана на рисунке 3.

На горизонтальных поверхностях труб для охлаждающей жидкости 3 расположены термоэлектрические модули 4, при этом они контактируют с трубами 3 горячей стороной. Между термоэлектрическими модулями 4 и непосредственно контактируя с их холодной стороной, расположены охладители 5. Каждый охладитель имеет две теплопроводные стенки, контактирующие с холодной стороной термоэлектрических модулей, и перпендикулярные им ребра. Правый и левый концы труб для охлаждающей жидкости 3 жестко соединены, соответственно с правым 1 и левым 2 баками. Термоэлектрические модули 4 соединены электрически между собой последовательно, либо последовательно-параллельно.

Предварительный расчет технических характеристик разрабатываемого термоэлектрического генератора [14, с. 61] и его расчетные исследования с учетом выбранной конструкции [15, с. 99] показали, что разрабатываемый ТЭГ системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания позволяет отводить тепловую мощность $Q_{ож} = 54,5$ кВт. Аэродинамическое сопротивление ТЭГ при скорости набегающего потока воздуха $v_b = 30$ м/с составляет 622,4 Па. Электрическая мощность ТЭГ, полученная с помощью разработанного расчета, составила $N_{эл} = 516,2$ Вт.

Таблица 1

Изобретательская активность

Страна подачи заявки	Количество патентов, опубликованных заявок по годам подачи заявки (исключая патенты-аналоги)							
	до 2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
RU	-	-	-	-	-	-	-	-
DE	-	-	-	1	-	1	-	-
US	-	-	1	-	-	1	-	-
CN	-	-	1	-	-	-	-	-
JP	3	-	-	-	-	-	-	-
KR	-	-	1	-	-	-	-	-
WO	-	-	-	-	2	-	-	-

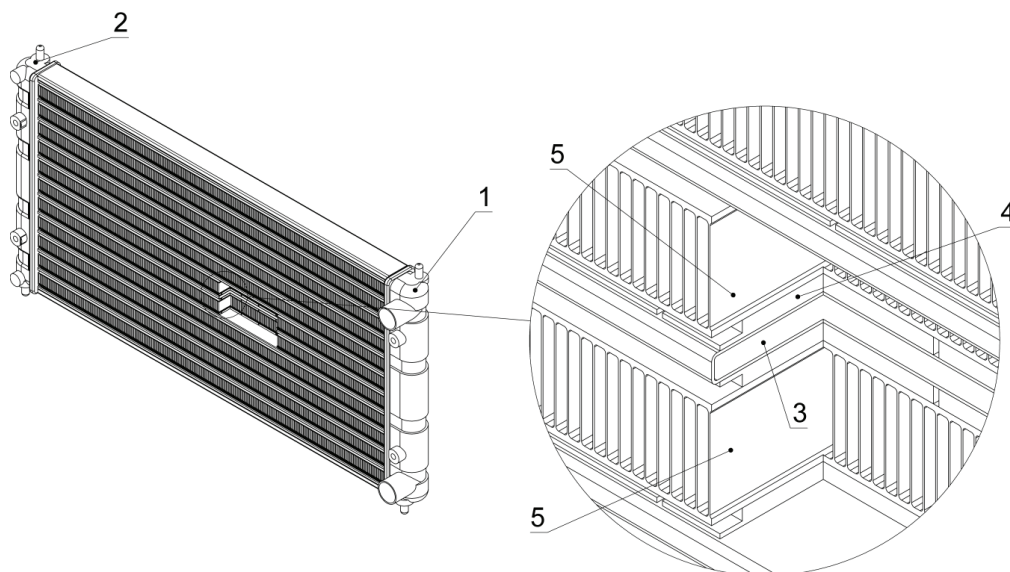


Рис. 3. Конструкция термоэлектрического генератора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания [13, с. 95]

При использовании алюминия в конструкции трубок и воздушного теплообменника ТЭГ получен коэффициент теплопередачи K , равный $170,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Проверка площадей теплообмена со стороны ОЖ и воздуха с учетом рассчитанных коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{ж} = 3114,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $\alpha_{в} = 312,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ показала достаточность теплообменных поверхностей.

Расчетные исследования термоэлектрического генератора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания при различных скоростных режимах эксплуатации транспортного средства с помощью автоматизированного проектирования показали что [16, с. 120]:

1. Разработанный термоэлектрический генератор для системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания способен вырабатывать значительное количество электрической энергии в широком диапазоне изменения расхода воздуха, т.е. при различных скоростных режимах эксплуатации транспортного средства.

2. Дальнейшее наращивание количества воздуха, проходящего через теплообменники ТЭГ посредством увеличения мощности вентилятора системы охлаждения не рационально, т.к. при увеличении электрической мощности на 1% аэродинамическое сопротивление возрастает почти на 20%, что приведет к дополнительным затратам энергии на привод вентилятора и нивелирует весь положительный эффект.

По результатам работ, проведенных в рамках 1 этапа, был получен патент на полезную модель термоэлектрического устройства для двигателя внутреннего сгорания с функциями радиатора охлаждения и рекуператора тепловой энергии охлаждающей жидкости в электрическую энергию [17].

Технический результат полезной модели достигается тем, что в термоэлектрическом устройстве для двигателя внутреннего сгорания с функциями радиатора охлаждения и рекуператора тепловой энергии охлаждающей жидкости

в электрическую энергию, выполненном с возможностью подключения посредством трубопроводов подвода/отвода охлаждающей жидкости в гидравлический контур системы охлаждения, содержащем емкости для приема охлаждающей жидкости, расположенные между емкостями и сообщающиеся с ними теплопроводные трубы с проходящей в них нагретой охлаждающей жидкостью, а также соединенные в электрическую цепь термоэлектрические модули, обращенные горячей стороной к теплопроводным трубам, и горизонтально расположенные параллельно друг другу радиаторные секции, предназначенные для отбора и рассеивания в окружающую воздушную среду тепловой энергии от холодной стороны термоэлектрических модулей и одновременного отбора части оставшегося тепла охлаждающей жидкости, в отличие от известных аналогов, радиаторные секции размещены между емкостями в чередующемся с теплопроводными трубами порядке и имеют с ними общую вертикальную плоскость симметрии, при этом каждая секция выполнена в виде двух горизонтально расположенных теплоотводящих пластин, объединенных рядом вертикальных ребер между ними, теплопроводные трубы имеют прямоугольную в сечении форму и размещены между секциями, так, что их большие стороны располагаются параллельно теплоотводящим пластинам соседних секций, а термоэлектрические модули установлены вдоль больших сторон теплопроводных труб с обеспечением плотного контакта каждого из них горячей стороной непосредственно с трубой и холодной стороной — непосредственно с теплоотводящей пластиной радиаторной секции, и при этом одна из упомянутых емкостей служит для приема и отдачи охлаждающей жидкости и по линии, лежащей в горизонтальной плоскости симметрии устройства, разделена на два вертикальных объема, с одним из которых, связанным с трубопроводом подачи в устройство нагретой охлаждающей жидкости, сообщаются теплопроводные трубы, располо-

женные выше этой линии, а с другим, связанным с трубопроводом возврата охлаждающей жидкости, — трубы, расположенные ниже этой линии.

Также была разработана программа для ЭВМ «Расчет термоэлектрического генератора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания», позволяющая рассчитывать режим работы термоэлектрического генератора на основе разработанного алгоритма. Целью программы является получение параметров работы термоэлектрического генератора в зависимости от его геометрических параметров, параметров теплоносителей и их расходных характеристик, а также используемых в конструкции материалов. Исходные данные программы включают в себя геометрические параметры конструкции, тепловые и ги-

дродинамические параметры ее элементов, охлаждающей жидкости и воздуха. Результаты расчета включают в себя тепловой поток, полный коэффициент теплопередачи и распределение температур по слоям конструкции, а также значение генерируемой электрической мощности для заданного режима работы.

Работа проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках договора # 14.Z56.15.3290-МК от «16» февраля 2015 года об условиях использования гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых с организациями — участниками конкурсов, имеющими трудовые отношения с молодыми учеными МК-3290.2015.8.

Литература:

1. Пат. 2013/0000285 США, МПК8 F01N5/02, B23K 1/00, H01L 35/32. Internal combustion engine exhaust thermoelectric generator and methods of making and using the same / Gregory P. Prior; заявитель и патентообладатель GM Global Technology Operations LLC — 13/170,996; заявл. 28.06.2011; опубл. 03.01.2013, 8 с.
2. Пат. 7687704 США, МПК8 H01L 35/30. Thermoelectric generator for internal combustion engine / Kouji Shimoji, Kouichi Suzuki; заявитель и патентообладатель Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha — 11/049,644; заявл. 04.02.2005; опубл. 30.03.2010, 9 с.
3. Пат. 102009033613 Германия, МПК8 H02N11/00, F02G 5/02. Thermoelektrische Vorrichtung mit Rohrbündeln / Sigrid Linbeck, Rolf Bruck, Andreas Eder; заявитель и патентообладатель Emitec Gesellschaft Für Emissionstechnologie Mbh, Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft — 102009033613.3; заявл. 17.07.2009; опубл. 20.01.2011, 9 с.
4. Nyambayar Baatar, Shiho Kim. A Thermoelectric Generator Replacing Radiator for Internal Combustion Engine Vehicles // TELKOMNIKA. — 2011. — № 3, Vol.9. — С. 523–530.
5. Shiho Kim, Soonseo Park, Sunkook Kim, Seok-Ho Rhi. A Thermoelectric Generator Using Engine Coolant for Light-Duty Internal Combustion Engine-Powered Vehicles // Journal of electronic materials. — 2011. — № 5, Vol. 40. — С. 812–816.
6. Пат. 102012202150 Германия, МПК8 F01N5/02, H02N11/00, F02G 5/00. Vorrichtung zum thermoelektrischen Erzeugen von Energie für ein Fahrzeug / Andreas Grauel; заявитель и патентообладатель Behr GmbH & Co. KG — 102012202150.7; заявл. 13.02.2012; опубл. 14.08.2013, 12 с.
7. Пат. 101789729 Китай, МПК8 H02N11/00. Engine residual heat power generation device and power generation module thereof / Ruiyin Song; Xiancheng Wang; Meiqin Zhang; заявитель и патентообладатель Ningbo Institute of Technology — 201010117118.4; заявл. 03.03.2010; опубл. 28.07.2010, 10 с.
8. Пат. 100986657 Респ. Корея, МПК8 F01N5/02, F01N5/00, H02N3/00. Thermoelectric cooling and power-generating apparatus / Kim Shi Ho, Park Soon Seo; заявитель и патентообладатель Chungbuk National University Industry Academic Cooperation Foundation — 10–2009–0084253; заявл. 08.09.2009; опубл. 08.10.2010, 19 с.
9. Пат. 2012108555 ВОИС, МПК8 F03G 7/00, F03G 7/04. Power generator / Lee Sang Cheol; заявитель и патентообладатель Zaonzi Co Ltd — PCT/KR2011/000830; заявл. 08.02.2011; опубл. 16.08.2012, 16 с.
10. Пат. 20091028388 Германия, МПК8 H02N11/00, F01M 11/00, F01P 11/00. Vorrichtung zur Stromerzeugung in einem Kraftfahrzeug mittels eines thermoelektrischen Elements / Jorg Kurth, Josef Schwarz, Gerhard Hoering; заявитель и патентообладатель Zf Friedrichshafen AG — 102009028388.9; заявл. 10.08.2009; опубл. 17.02.2011, 8 с.
11. Пат. 2005341700 Япония, МПК8 H02N11/00, F01P 3/20, F02G 5/00, H01L 35/30. The thermoelectric power generation system / Yamaguchi Hiroo, Yamanaka Yasutoshi; заявитель и патентообладатель Denso Corporation — 2004–156669; заявл. 26.05.2004; опубл. 08.12.2005, 13 с.
12. Пат. 2006177265 Япония, МПК8 F02G 5/04, F01P 3/20, F01P 7/16, F02G 5/00, H01L 35/30. Thermoelectric generator / Yamaguchi Hiroo; Yamanaka Yasutoshi; Inaoka Hiroya; Mori Rentaro; заявитель и патентообладатель Denso Corporation, Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha — 2004–372254; заявл. 22.12.2004; опубл. 06.07.2006, 10 с.
13. Папкин, Б. А., Коротков В. С., Татарников А. П. Особенности конструкции термоэлектрического генератора // Международный научно-исследовательский журнал № 10 (41) — 2015, с. 94–96.
14. Папкин, Б. А., Иванов Д. А., Коротков В. С. Определение технических характеристик термоэлектрического генератора // Молодой ученый № 20 (100)-2015, с. 61–66.

15. Папкин, Б. А., Хрипач Н. А., Иванов Д. А., Коротков В. С. Расчетные исследования и моделирование термоэлектрического генератора (ТЭГ) системы охлаждения ДВС // Международный научно-исследовательский журнал № 10 (52) — 2016, с. 99–104.
16. Папкин, Б. А., Хрипач Н. А., Коротков В. С. Исследование термоэлектрического генератора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания при различных скоростных режимах эксплуатации транспортного средства // НОВАЯ НАУКА: СТРАТЕГИИ И ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции 08 октября 2016 г. Часть 1, с. 120–123
17. Пат. 163311 Рос. Федерация, МПК8 F02G 5/00, F01P 3/18, H01L 35/30. Термоэлектрическое устройство для двигателя внутреннего сгорания с функциями радиатора охлаждения и рекуператора тепловой энергии охлаждающей жидкости в электрическую энергию / Папкин Б. А., Коротков В. С., Татарников А. П., Иванов Д. А., Хрипач Н. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)» — № 2015148835/06; заявл. 13.11.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Прямое лазерное выращивание изделий из порошковых материалов: принцип, оборудование и материалы

Сомонов Владислав Валерьевич, ведущий инженер

Туричин Глеб Андреевич, доктор технических наук, профессор;

Земляков Евгений Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Бабкин Константин Дмитриевич, ведущий инженер;

Климова-Корсмик Ольга Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В статье изложен принцип процесса прямого лазерного выращивания, приводятся виды комплексов для прямого лазерного выращивания и материалов, с помощью которых он реализуется, перечислены основные составляющие комплекса для реализации данного процесса и сферы применения данного процесса.

Ключевые слова: прямое лазерное выращивание, порошковые материалы, комплекс прямого лазерного выращивания

В настоящий момент основой современного машиностроительного производства являются технологии обработки заготовки, основанные на удалении лишнего материала и формировании требуемой геометрии изделия — такие как: фрезерование, точение, шлифовка, сверление и другие. Наиболее востребованы металлические изделия. Одним из перспективных направлений развития современной промышленности являются аддитивные («добавляющие») технологии, в том числе, процесс прямого лазерного выращивания, в основу которого положен принцип управляемого формирования изделия за счет локального ввода материала в нужное место. Эта технология позволяет расширить границы возможностей современного производства, создавать принципиально новые детали сложной геометрии, одновременно снижая как временные, так и материальные затраты на их производство [1]. Металлическое изделие при данном способе изготовления чаще всего формируется из металлического порошка различного гранулометрического состава — от 50 до 150 мкм, получаемого физико-химическими и механическими методами.

В качестве материала в основном используются порошки из сплавов на основе никеля, в том числе жаропрочных (типа Inconel 625), кобальта, в том числе высокопрочных (типа Stellite 6), хрома, железа, меди, титана. Порошки должны иметь сферическую форму частиц. Это связано с тем, что такие частицы более компактно укладываются в определенный объем, а также необходимо обеспечить «текучесть» порошковой композиции в системах подачи материала с минимальным сопротивлением.

В ходе процесса «строительный» материал локально сплавляется в нужных областях. Во время перемещения рабочего инструмента по траектории, соответствующей сгенерированной 3D модели детали, управляемым об-

разом создается геометрия изготавливаемой детали. Локальное сплавление обеспечивается воздействием концентрированного источника энергии — лазерного луча. Лазерный луч фокусируется на подложке в пятно с размерами 0,5–3 мм, поглощается, разогревает и образует на ней зону расплавленного металла. В сформированную зону расплава через специальное сопло подается металлический порошок, который частично или полностью расплавляется и при движении инструмента формирует наплавленный валик. При многократном проходе инструмента и последовательном наложении валиков друг на друга формируется выращенное изделие. Геометрия изделия определяется траекторией движения инструмента относительно заготовки. Толщина и ширина наплавленного валика судя по исследованиям авторов из работы [2] определяются не только параметрами процесса, но и геометрией изделия, используемым металлическим порошком и другими трудно контролируемыми факторами. Следовательно, для контроля формирования выращенного изделия необходима система адаптивного управления процессом, которая могла бы управлять формированием в режиме реального времени [3].

Согласно информационным источникам и полученным результатам при исследовании данного процесса технологический комплекс для создания изделий методом прямого лазерного выращивания должен содержать следующие элементы:

1. Рабочий инструмент, то с помощью чего создается само изделие;
2. Набор датчиков для отслеживания параметров окружающей среды до начала процесса и контроля протекания технологического процесса;

3. Управляющий контроллер технологического процесса, собирающий информацию с датчиков, входные задаваемые данные с параметрами процесса, будущего изделия, поддержек и исходя из этого посылающий управляющий сигнал рабочему инструменту. Обычно это промышленная микроконтроллерная система на базе программируемого логического контроллера.

4. Стойка управления технологическим процессом. В нее входит система пользовательского интерфейса для задания параметров процесса, создания поддержек, подготовки траектории обработки из полученной извне CAD модели будущего изделия;

5. Система мониторинга технологического процесса, регистрирующая в режиме реального времени протекание процесса, получающая сигналы от датчиков и имеющая систему видеонаблюдения за ванной расплава.

В состав рабочего инструмента входят:

- рабочая камера, где происходит создание покрытия или изделия. Она может быть вакуумной или заполняться инертным газом (аргон, гелий или их смесь);
- технологическая лазерная голова, с присоединяемым модулем для подачи присадочного материала (порошок, проволока, жидкие полимеры и т.д.), из которого и изготавливается изделие;
- система позиционирования, состоящая из линейных направляющих с приводами, перемещающими технологи-

ческую голову по осям x , y , z или антропоморфного руки робота, к которому она крепится и подвижной платформы, способной помещаться в общем случае по осям x , y , z или вращаться с заданной скоростью, поворачиваясь на определенный угол в ходе процесса;

- оборудование для подготовки и подачи присадочного материала. В зависимости от типа материала в нее могут входить: подающий механизм для проволоки, или порошок (дисковый или винтовой) питатель. Размеры дозирующей щели в диске и скорость вращения диска определяют подаваемый объем порошка в единицу времени. С помощью насыпной массы порошка определяется подаваемый вес в минуту или его расход;

- модуль газоподготовки;
- система подготовки и подведения воздуха для защиты оптики при процессах, использующих лазерное или электроннолучевое излучение;
- источник, лазерного, электронного лучевого или другого нагрева присадочного материала;
- система охлаждения источника нагрева, технологической головы и сопла для подачи присадочного материала.

На рисунке 1 представлен пример компоновки технологического комплекса для реализации данного процесса, созданного в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого [1]. В разработке которого принимал участие также и автор статьи.

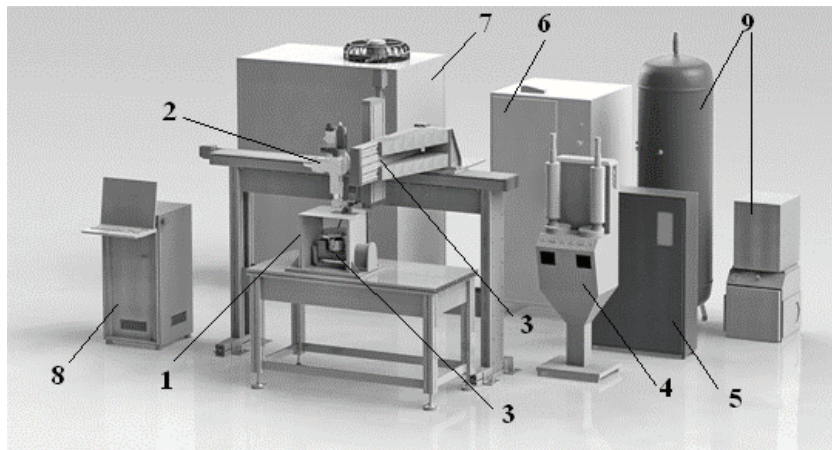


Рис. 1. Схематическое изображение частей комплекса для прямого лазерного выращивания

Где 1 — рабочая камера; 2 — технологическая голова с присоединяемым соплом для подачи присадочного материала; 3 — система позиционирования технологической головы и платформы для крепления подложки; 4 — порошок питатель; 5 — блок газоподготовки; 6 — источник лазерного излучения; 7 — модуль охлаждения лазерного источника, технологической головы и сопла для подачи присадочного материала; 8 — стойка управления; 9 — модуль подготовки сжатого воздуха для защиты оптики.

Для реализации процесса прямого лазерного выращивания изделий из порошковых материалов применяются следующие виды комплексов: использующие линейные на-

правляющие (рисунок 2а) или робот (рисунок 2б) для перемещения технологического инструмента и вращатель, установленный в рабочей камере для управления движением подложки; или оборудование, выполненное на базе ЧПУ комплексов для механообработки, с заменой рабочего инструмента на технологический и обеспечением заполнения рабочей камеры защитным газом (рисунок 2в) [4].

Аддитивные технологии, в том числе и прямое лазерное выращивание используются во многих отраслях промышленности, чтобы ускорить или даже внести революционные изменения в их производственные процессы. Производство облегченной и более функцио-

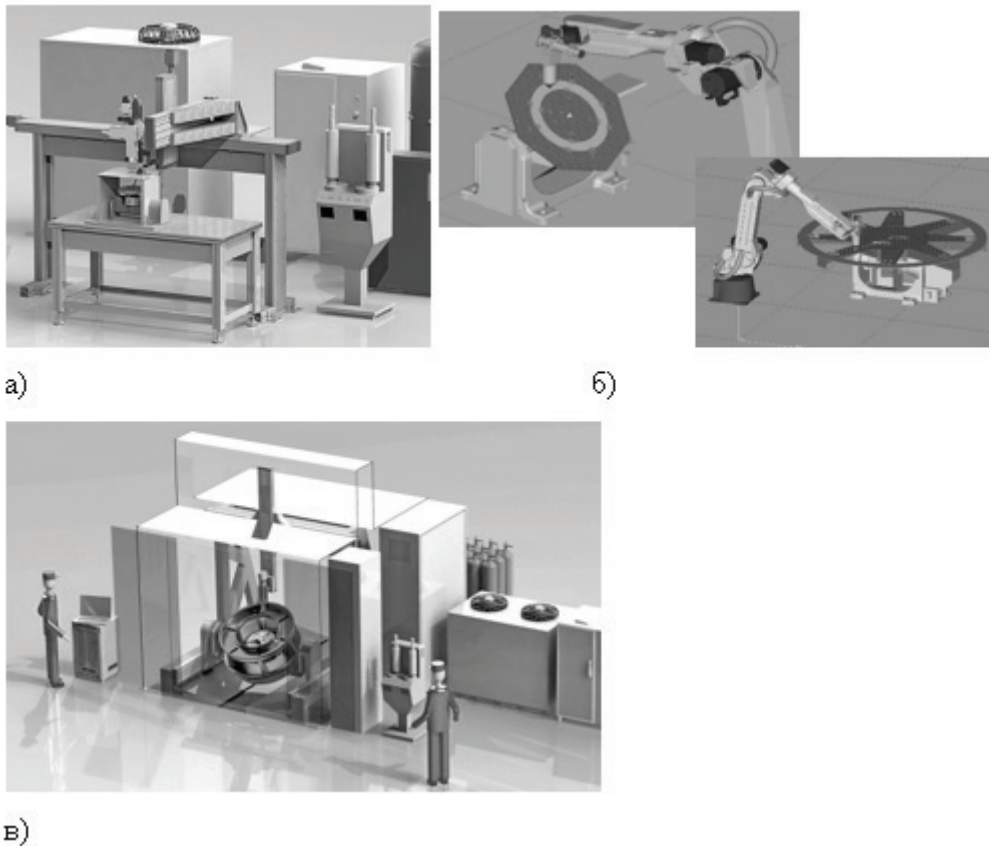


Рис. 2. Изображения ряда применяемых технологических машин для реализации процесса высокоскоростного прямого лазерного выращивания изделий

нально сложной продукции может помочь сократить потребление ресурсов в ходе процесса и на само изделие, оптимизировать производственные процессы, сделать продукцию более устойчивой, упростить транспортные цепочки. В конце 20 и начале 21 века аддитивные технологии использовались преимущественно в традиционно технологически продвинутых отраслях — автомобильной, авиационной и аэрокосмической промышленности, а также в приборостроении и медицине. В настоящее время к ним добавились электронная, инструментальная, оборонная, текстильная, ювелирная, мебельная, пищевая промышленности, а также отрасль по производству спортивного инвентаря и игрушек [5]. Изделия, полученные таким методом, не нуждаются в последующем изостатическом прессовании или термической обработке, в сравнении с технологиями селективного лазерного спекания (сплавления) или технологиями литья с последующей термической и механической обработкой. При этом данный процесс возможно комбинировать с другими технологиями, еще больше снижая затраты на производство, уменьшая время на изготовление, создавая изделия, которые невозможно получить, применяя только этот метод. Использование данной технологии позволяет изготавливать детали с внутренними криволинейными отверстиями, недоступными для изготовления другими методами обработки и из-за отсутствия множества переходов и переустановок детали на станке, как

при традиционных методах изготовления, позволяет получить микронную точность изделия.

Мировыми лидерами в области аддитивных технологий на сегодняшний момент являются Соединенные Штаты Америки, Япония, Германия, Китай [6]. Во многих странах уже созданы национальные ассоциации по аддитивным технологиям, объединенные в альянс. Крупные международные корпорации благодаря технологии прямого лазерного выращивания изготавливают сотни тысяч изделий для своих отраслей. В России число промышленных компаний и исследовательских центров, занимающихся использованием и внедрением технологий аддитивного производства крайне мало. В нашей стране недавно появилось производство металлических и неметаллических порошковых композиций для аддитивных технологий. Так, например, во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов организовано производство сверхчистых сферических металлических порошковых сплавов на никелевой и титановой основах. Малое число квалифицированных специалистов, а также отсутствие национальных стандартов сдерживает темпы развития аддитивных технологий в нашей стране, но в последнее время наметилась тенденция ускоренного развития этой технологии в нашей стране, в том числе и благодаря вниманию со стороны государства, выделяющего финансирование на проведение исследований и разработку отечественных технологий и комплексов для реали-

зации процесса прямого лазерного выращивания, в том числе из жаростойких и титановых сплавов.

Материалы подготовлены в рамках выполнения работ, финансируемых из средств стипендии Президента РФ

молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2016–2018 годы.

Литература:

1. Г. А. Туричин, Е. В. Земляков, О. Г. Климова, К. Д. Бабкин, Ф. А. Шамрай, Д. Ю. Колодяжный, прямое лазерное выращивание — перспективная аддитивная технология для авиадвигателестроения // Сварка и Диагностика. 2015. № 3. с. 54–57.
2. Туричин, Г. А., Валдайцева Е. А., Поздеева Е. Ю., Земляков Е. В., Гуменюк А. В. Моделирование динамического поведения сварочной ванны при лазерной и гибридной сварке с глубоким проплавлением. Автоматическая сварка. 2008. № 7. с. 15.
3. M. Cotteleer, J. Joyce «3D Opportunity Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth», Deloitte review issue 14, 2014, p. 9.
4. К. Д. Бабкин Е. В. Земляков В. В. Сомонов «Высокоскоростное прямое лазерное выращивание: технология, оборудование и материалы», 2015, Сборник трудов научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Обработка материалов: современные проблемы и пути решения» 26–28 ноября 2015, Юрга, с. 56–61.
5. J. Gausemeier, M. Wall, S. Peter. «Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing — Exploring the Research Landscape», Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn — Paderborn 2013, [электронный ресурс] <http://www.3d-printing-additive-manufacturing.com/media/downloads/75-d2-16-20-chrisitan-lindeman-university-of-paderborn.pdf> [дата обращения] 05.07.2016.
6. Сколковский Институт Науки и Технологий «Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий», 2014, с. 114–142 [электронный ресурс], <http://isicad.ru/ru/pdf/ReportSkolkovo2014.pdf>, [дата обращения] 5.07.2016.

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Человеческий фактор как важнейший элемент управления надежностью технологического процесса вибрационной обработки деталей в машиностроении

Прокопец Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент
Ростовский государственный экономический университет «РИНХ»

Прокопец Анатолий Александрович, ассистент
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Важнейшим элементом технологического процесса является надежность, которую в соответствии с ГОСТ 27.002–89 называют «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки». Снижение надежности объекта на определенном этапе эксплуатации с определенной степенью вероятности может привести к его отказу, когда полностью или частично перестает выполнять заданные функции. По причинам возникновения отказов различают: отказы из-за конструктивных дефектов; отказы из-за технологических дефектов; отказы из-за эксплуатационных дефектов; отказы из-за постепенного старения (износа); отказы в результате влияния человеческого фактора (в том числе нарушение трудовой дисциплины). Любой отказ приводит к снижению ресурса работы, увеличению материальных затрат на изготовление и эксплуатацию изделия, снижению его конкурентоспособности. Если некоторых отказов избежать нельзя (например, в результате износа при установленном режиме технического обслуживания), то снизить риск их появления в результате влияния человеческого фактора как на этапе проектирования, так и на этапах изготовления и эксплуатации вполне возможно.

Как и любым производственным процессом, процессом обеспечения надежности можно управлять с помощью определенных механизмов. В связи с этим в работе рассмотрены вопросы обеспечения надежности технологического процесса в части, обусловленной влиянием человеческого фактора, на примере виброабразивной обработки деталей машин.

ВиО в зависимости от характера применяемой рабочей среды представляет собой механический или химико-механический процесс съема мельчайших частиц металла и его окислов с обрабатываемой поверхности, а также сглаживания микронеровностей путем их пластического деформирования частицами рабочей среды, совершающими в процессе обработки колебательное движение. Метод имеет широкие технологические возможности, которые позволяют осуществлять операции шлифования, полирования, уда-

ления заусенцев и облоя, скругления острых кромок, нанесения покрытий, мойки, очистки, производить механохимическую, комбинированную и многоступенчатую обработку и др. Особенностью вибрационной обработки деталей является возможность получения высокого качества поверхности без нежелательных дефектов на деталях различной конфигурации и достаточно сложной формы.

Необходимо отметить, что технологический процесс ВиО — это сложная динамическая система, элементы которой находятся в постоянном движении и изменении, что усложняет прогнозирование результатов обработки, в том числе и с точки зрения надежности процесса. Трудности в обеспечении надежности технологического процесса ВиО связаны в основном с наличием многочисленных и разнообразных взаимосвязей и взаимовлияний его элементов между собой и с окружающей средой, с высокими требованиями к его надежности, а также в связи с большой долей неавтоматизированных процессов, то есть значительным влиянием человеческого фактора на конечный результат.

В технологическую систему ВиО в зависимости от назначения и степени механизации и автоматизации могут включаться основное и вспомогательное оборудование, средства управления и контроля, объекты производства, а также люди, проектирующие технологический процесс ВиО и реализующие его (человеческий фактор). Человеческий фактор является важнейшим фактором, влияющим на производительность и надежность производственного процесса, а также на качество выпускаемой продукции. Его можно рассматривать с двух качественно отличающихся и, в то же время, взаимосвязанных сторон. С одной стороны необходимо создавать условия в производственном процессе для эффективной работы сотрудников, в том числе путем материального стимулирования, обеспечения безопасных и достаточно комфортных условия труда. С другой стороны необходимо обеспечивать условия для воспроизводства рабочей силы, например, через систему профессионального роста и обучение кадров.

Проанализировав возможные отказы по вине обслуживающего персонала, можно указать основные «внутренние» причины снижения надежности ТП:

- недостаточная теоретическая подготовка кадров;
- недостаточный опыт эксплуатации, обслуживания, ремонта элементов ТС;
- отсутствие навыков предсказания аварийных ситуаций;
- текучесть кадров;
- отсутствие проверки профпригодности оператора, допускаемого к обслуживанию вибростанков;
- повышенная утомляемость, вызываемая вибрациями и повышенным уровнем шума и др.

Рассмотрим некоторые пути снижения влияния человеческого фактора на надежность ТП, в том числе за счет повышения эффективности функционирования человека, как элемента производственного процесса.

В последнее время большое развитие приобретают мотивационные механизмы управления человеческими ресурсами, которые оказывают влияние на качественное выполнение производственного процесса. Основным показателем оценки эффективности мотивационных механизмов управления человеческих ресурсов является эффективность их деятельности, которая определяется как отношение достигнутых фактически показателей деятельности персонала в процессе технологического процесса к базисным значениям итоговых результатов деятельности персонала (отно-

сительно нормативного значения эффективности, которое всегда будет равно 100 баллам). Деятельность системы управления направлена на получение конечных результатов производства, поэтому эффективность системы управления производством можно рассматривать как результат действия этой системы, обеспечивающей достижение правильных целей при минимальных затратах.

Для более полной картины анализа мотивационного механизма используются: экономический анализ выполняемых работ и анализ социальных показателей. Числовые значения параметров экономической и социальной эффективности мотивационного механизма управления человеческими факторами управления определяются на основе изучения нормативно-законодательных актов рыночной экономики.

Необходимо отметить, что анализ мотивационного стимулирования можно проводить, используя модели «линейной восходящей» (поощряется каждый процент достижения конечного результата, а при невыполнении принимается фактическое значение) и «линейной нисходящей» (поощрение достижений результата с наименьшими затратами, находящимися в распоряжении ресурсами, а за их перерасход начисляется меньшее количество баллов).



Рис. 1. Показатели эффективного участия работников в производственном процессе

Для анализа необходимо представить показатели эффективного участия работников в производственном процессе, которые определяются многими факторами, включающими:

- материальное стимулирование;
- нематериальное стимулирование;
- моральное стимулирование.

Для более наглядного восприятия представим данную систему факторов мотивации для эффективного участия работников в производственном процессе в виде рисунка 1.

Рассмотрим некоторые из представленных факторов эффективного участия работников в производственном процессе.

Материальное стимулирование. Заработная плата является одним из главных элементов материальной мотивации, которая зависит от квалификации работников, их стажа и других показателей. При использовании такого мотиватора, как система премирования необходимо использовать модели «линейной восходящей» и «линейной нисходящей», о которых говорилось выше. Такое начисление премиальных выплат будет объективным и не повлечет за собой ухудшение морального и психологического климата в коллективе, что будет так же являться и моральным стимулированием работников.

Использование методик оценки качества труда ориентирует персонал на выполнение поставленных перед ним задач, целесообразное использование имеющего рабочего времени, улучшение трудовой и исполнительской дисциплины [1]. Благодаря использованию системы штрафов руководители предприятия смогут снизить количество брака и повысить качество производственного процесса.

Литература:

1. Егоршин, А. П. Мотивация трудовой деятельности: учебное пособие — 2-е изд. перераб. и доп. — М: ИН-ФРА-М., 2008—464 с.
2. А. П. Бабичев, И. В. Никитин, А. Н. Чукарин «Выявление основных источников шума вибрационной установки». «Отделочно-упрочняющая механическая обработка, качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин» Сб. статей Ростов-на-Дону, 1977. С. 62—64.

Лабораторные испытания ТЭГ системы выпуска двигателя внутреннего сгорания

Хрипач Николай Анатольевич, кандидат технических наук, профессор;
Иванов Денис Алексеевич, ведущий инженер-исследователь;
Коротков Виктор Сергеевич, ведущий инженер-исследователь
Московский политехнический университет

Залетов Дмитрий Владимирович, исполнительный директор
ООО «Мобил ГазСервис» (г. Нижний Новгород)

В статье описано проведение лабораторных испытаний разработанного термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания и дана краткая характеристика применяемого измерительного и контрольного оборудования. Представлены основные технические характеристики тер-

Нематериальное стимулирование. Данный вид стимулирования трудовой деятельности очень важен на предприятии, так как благодаря его использованию работники предприятия будут чувствовать свою причастность к организации. Качество ТП напрямую связано с работоспособностью работников. А на работоспособность в первую очередь влияет качество производственной среды, организация рабочего места. При ВиО наблюдается повышенный уровень шума и вибрации [2], а также испарения и распыление технологических жидкостей, используемых для промывки и охлаждения. Поэтому мероприятия по охране труда и здоровья работников при ВиО имеют особое значение.

Для оценки обучения необходимо применять *методику оценки результатов трудового процесса*, которые направляют персонал на достижение конечных, итоговых результатов деятельности производственного процесса (рост прибыли и дохода, снижение затрат и расхода ресурсов). Снижение затрат и расхода ресурсов выступают в качестве главных оценочных показателей их деятельности и создаются всем трудовым коллективом предприятия.

Моральное стимулирование. Весьма важным в этой группе факторов является передача (делегирование) ответственности посредством работы с личным клеймом, размещение фотографии работника на доске почета и др.

Итак, по результатам проведенного анализа были определены факторы риска, приводящие к снижению надежности ТП ВиО, обусловленные влиянием человеческого фактора. Анализ позволил определить пути повышения надежности технологического процесса в части обусловленной влиянием человеческого фактора.

моэлектрического генератора, полученные в результате лабораторных испытаний, а также проведено их сравнение с современным научно-техническим уровнем.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, тепловая энергия, термоэлектрический генератор

Среди разнообразных способов прямой утилизации тепловой энергии отработавших газов благодаря широкому диапазону температур применения и относительно большой степени использования тепловой энергии, выделяется термоэлектрическая утилизация [1, с. 95] основанная на использовании эффекта Зеебека. Термоэлектрические материалы могут преобразовывать тепловую энергию в электрическую, либо использовать электроэнергию для нагрева или охлаждения. В настоящее время термоэлектрические модули в автомобильной промышленности используются в основном для локального охлаждения или нагрева [2, с. 1460]. При этом термоэлектрическая генерация электроэнергии практически не распространена.

Редкое применение термоэлектрических элементов обусловлено, прежде всего, высокой стоимостью и относительно небольшим коэффициентом полезного действия. Интенсификация применения термоэлектрических элементов, в том числе предназначенных для утилизации тепловой энергии, может быть достигнута благодаря постоянному совершенствованию термоэлектрических материалов, которое направлено на повышение их добротности и снижение себестоимости производства. Также, благодаря отсутствию движущихся частей, термоэлектрические модули обладают значительной надежностью и долговечностью, что при достаточно долгом периоде эксплуатации дает снижение себестоимости вырабатываемой ими электроэнергии [3, с. 196].

В процессе разработки термоэлектрического генератора были рассмотрены различные варианты конструкции корпуса и охладителей. Из всех рассматриваемых вариантов были выбраны наиболее оптимальные с точки зрения обеспечения эффективной работы ТЭГ. В частности из вариантов оребрения корпуса был выбран обеспечивающий наибольшую интенсивность подвода тепла к термоэлектрическим модулям при падении давления отработавших газов не оказывающем существенного влияния на работу двигателя внутреннего сгорания [4, с. 680].

Для оценки эффективности работы термоэлектрического генератора в составе системы выпуска отработавших газов необходимо провести его лабораторные испытания. Испытания термоэлектрических модулей, как отдельных, так и в составе сборок из нескольких модулей, без привязки к планируемым условиям эксплуатации широко распространены. Такие испытания проводятся как научно-исследовательскими организациями с целью определения характеристик модулей выполненных из перспективных и высокоэффективных материалов [5, с. 12843], так и производителями

термоэлектрических модулей с целью подтверждения и корректировки заявленных технических характеристик [6, с. 28]. Также проводятся работы по оптимизации подходов к конструированию отдельных компонентов термоэлектрических генераторов, например охладителей [7, с. 372].

Испытания термоэлектрических генераторов в сборе проводятся значительно реже. При этом используется либо двигатель внутреннего сгорания с тормозным устройством [8, с. 685], либо транспортное средство с установленным в системе выпуска отработавших газов разработанным термоэлектрическим генератором [9, с. 103].

Используемый в данном исследовании комплекс измерительного оборудования и исполнительных устройств, входящий в состав стенда для испытаний термоэлектрического генератора, позволяет контролировать и, что более важно регулировать, параметры горячего и холодного теплоносителей. Это позволяет имитировать различные режимы работы объекта испытаний с целью наиболее определения его технических характеристик и особенностей работы.

Система управления технически обеспечивает подключение датчиков и исполнительных устройств к микропроцессорной системе обработки информации. В качестве микропроцессорной системы использовалась система National Instruments CompactRIO. Она представляет собой реконфигурируемую встраиваемую систему управления, получения и обработки данных. Устойчивая и надежная аппаратная архитектура включает в себя модули ввода-вывода, реконфигурируемую программируемую пользователем вентильную матрицу (FPGA), а также встроенный контроллер реального времени (RT). В качестве языка программирования для данных систем используется графический язык Labview/G и среда разработки программ NILabview.

Для визуализации параметров работы системы в целом, а также для записи информации о проводимых исследованиях применялся графический интерфейс пользователя разработанного программного обеспечения, внешний вид которого показан на рисунке 1.

Экран представляет собой функциональную схему стенда с установленным термоэлектрическим генератором во время проведения исследований. Расположение элементов отображения значений датчиков организовано в соответствии с пространственным расположением самих датчиков. Экран графической оболочки разбит на несколько зон. Зона слева содержит элементы управления установкой в целом. В средней части окна находятся индикаторы, показывающие значения, зафиксированные дат-

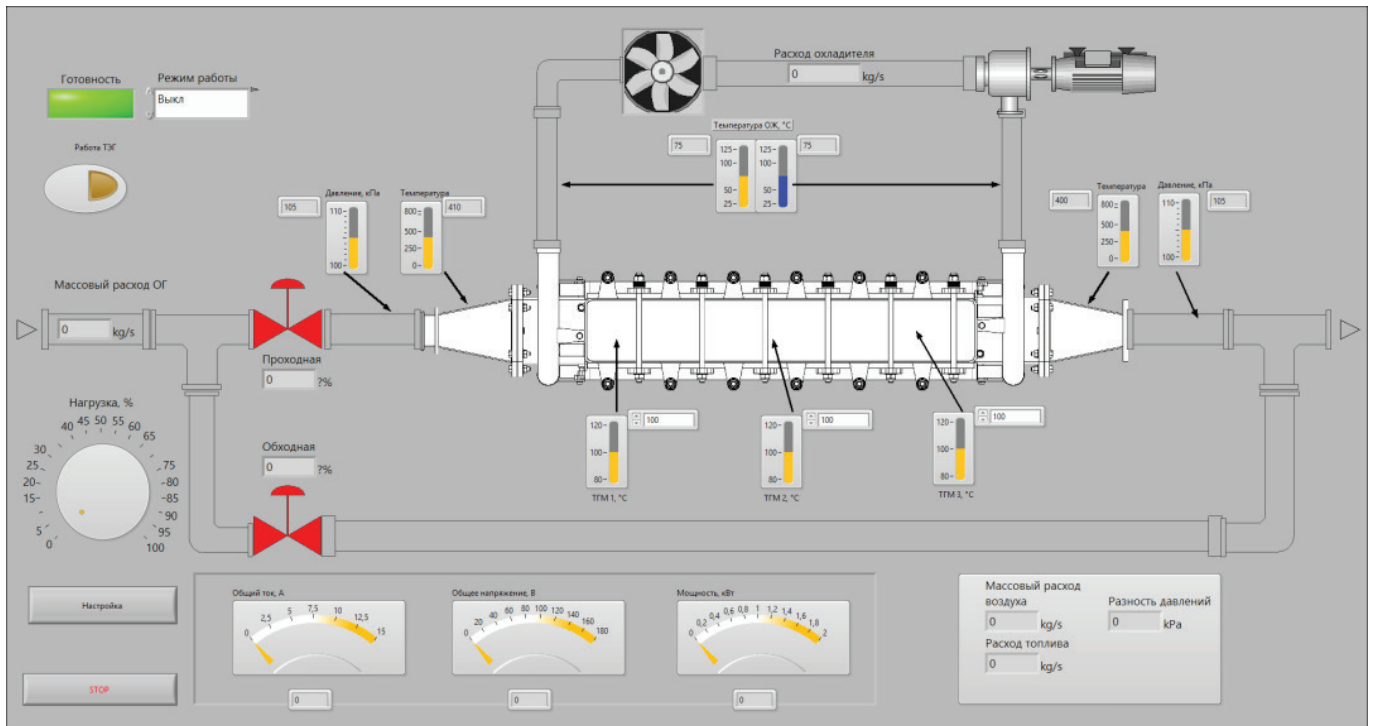


Рис. 1. Внешний вид графического интерфейса пользователя

чиками. В нижней части окна показаны дополнительные измеренные значения, такие как сила тока, напряжение и электрическая мощность в нагрузке, массовые расходы воздуха и топлива двигателем внутреннего сгорания и аэродинамическое сопротивление ТЭГ.

Разработанное программное обеспечение полностью реализует алгоритм управления стендом для испытаний ТЭГ и предлагает средства для удобного проведения исследований работы термоэлектрического генератора с имитированием различных режимов работы.

Режимы работы термоэлектрического генератора определяются, прежде всего, температурами и расходами горячего и холодного теплоносителей. Температура и расход охлаждающей жидкости, выступающей в роли холодного теплоносителя, в замкнутой системе охлаждения регулируется с помощью насоса и вентилятора охлаждения. В свою очередь, температура и расход отработавших газов, т.е. горячего теплоносителя, могут только контролироваться с помощью измерительного оборудования, входящего в состав стенда. Опосредованная регулировка этих параметров возможна путем изменения режима работы двигателя внутреннего сгорания, однако отсутствие линейных зависимостей температуры и массового расхода отработавших газов от частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и крутящего момента на нем может затруднить процесс обработки результатов и сопоставления их с результатами математического моделирования.

С целью обработки результатов испытаний термоэлектрического генератора должны быть выявлены зависимости основных технических характеристик ТЭГ, таких как выходная электрическая мощность и падение дав-

ления отработавших газов, от температуры и массового расхода отработавших газов. Такие зависимости могут быть получены при различных значениях температуры и расхода охлаждающей жидкости, что может внести дополнительные искажения. Для адекватного анализа результатов испытаний необходимо зафиксировать температуру и расход охлаждающей жидкости на определенных значениях на протяжении всего процесса испытаний. При этом постоянство данных показателей должно обеспечиваться регулировкой работы жидкостного насоса и вентилятора охлаждения в соответствии с задаваемыми программным обеспечением алгоритмами.

Исследовательские испытания термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания проводились на базе Университета машиностроения в соответствии с требованиями разработанных программы и методик испытаний. В процессе испытаний термодинамические параметры холодного теплоносителя оставались неизменными и контролировались посредством разработанного программного обеспечения. Испытания были проведены для различных режимов работы двигателя внутреннего сгорания, используемого в качестве источника горячего теплоносителя для работы ТЭГ.

На рисунках 2 и 3 показаны схема испытательного стенда и макет термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания, установленный на стенде в процессе исследовательских испытаний с указанием основного оборудования.

Полученные в результате исследовательских испытаний величины параметров, характеризующих основные технические характеристики термоэлектрического генератора, представлены в таблице 1.

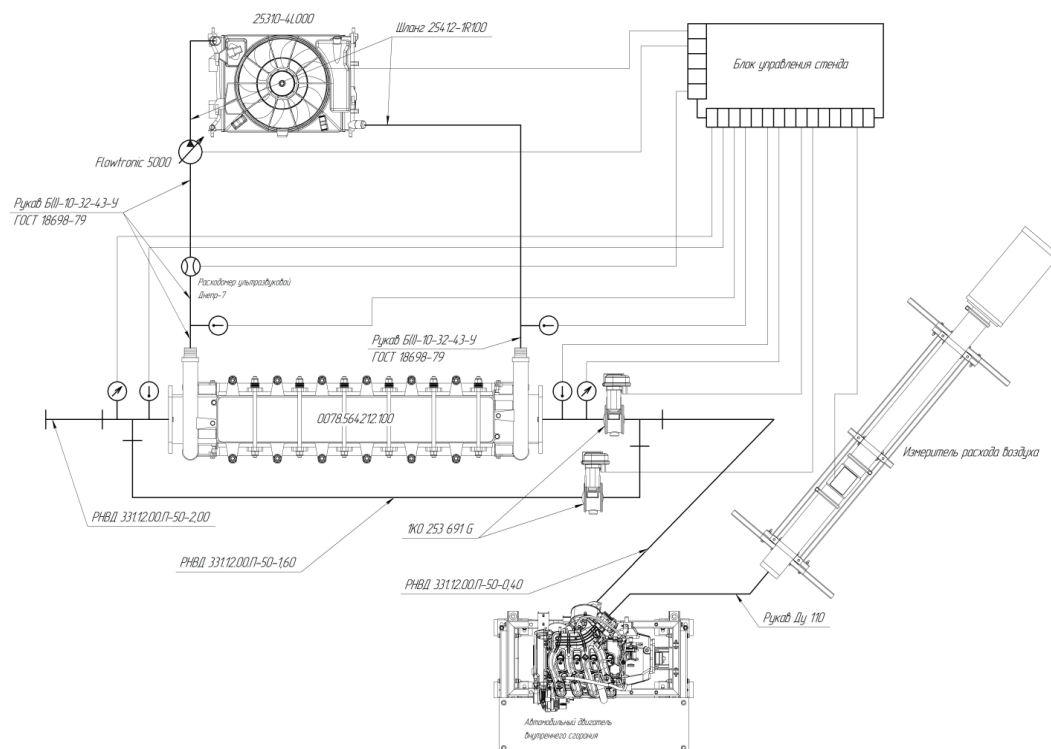


Рис. 2. Схема стенда для исследовательских испытаний макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания

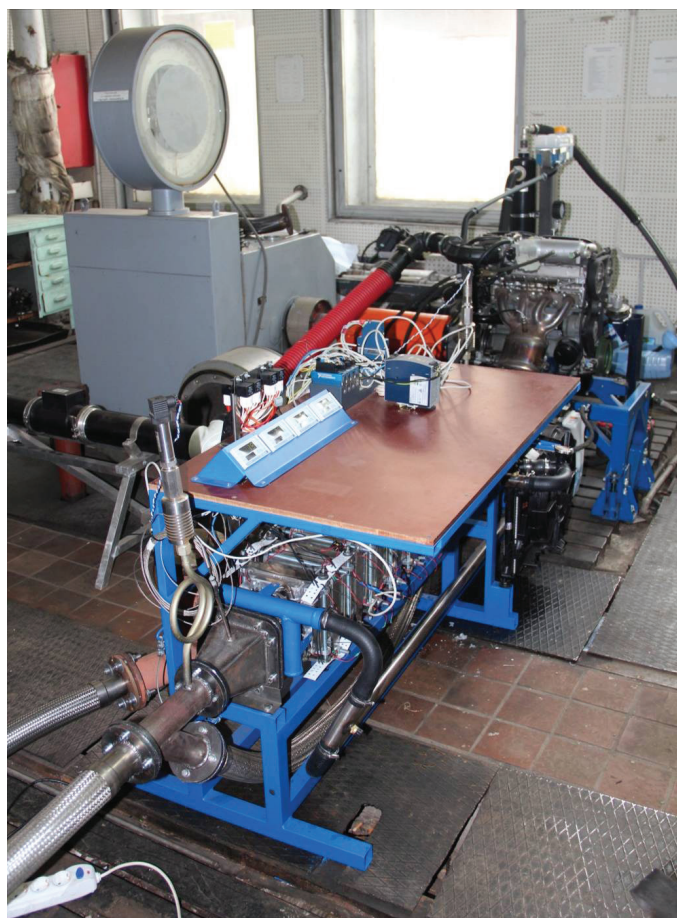


Рис. 3. Макет термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания, установленный на стенде в процессе исследовательских испытаний

Таблица 1

Результаты испытаний

Наименование параметра	Единицы измерения	Измеренное значение
Максимальная выходная электрическая мощность	Вт	1079,8
Максимальное падение давления отработавших газов	Па	3200

В процессе испытаний приводился контроль теплового состояния термоэлектрического генератора и его со-

ставных частей с помощью тепловизора, полученные изображения представлены на рисунке 4.

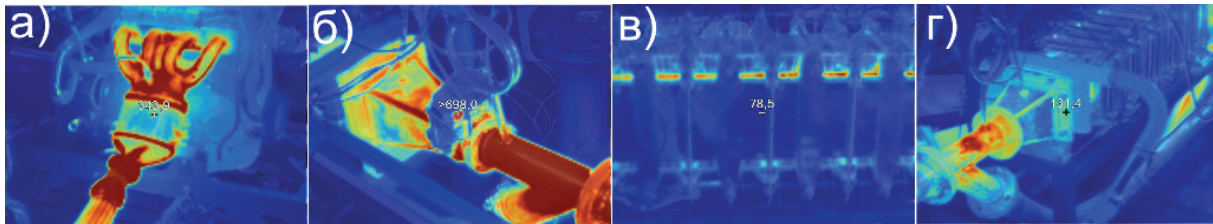


Рис. 4. Изображения в инфракрасном диапазоне, полученные в ходе испытаний: а) выпускной коллектор ДВС; б) вход в ТЭГ; в) средняя часть ТЭГ; г) выход из ТЭГ

Наиболее информативным и наглядным является отображение результатов испытаний в виде графиков, отражающих изменение электрической мощности, вырабатываемой ТЭГ, и падения давления ОГ в зависимости от температуры и расхода отработавших газов. В частности, на рисунке 5 показана зависимость выходной электрической мощности термоэлектрического генератора от температуры отработавших газов.

График, показывающий изменение падения давления отработавших газов в термоэлектрическом генераторе в зависимости от их расхода представлены на рисунке 6.

На рисунках 5 и 6 показаны не только полученные в результате испытаний значения, но и рассчитанные с помощью созданной модели ТЭГ. В качестве начальных условий в математической модели термоэлектрического генератора для расчета теоретических значений мощ-

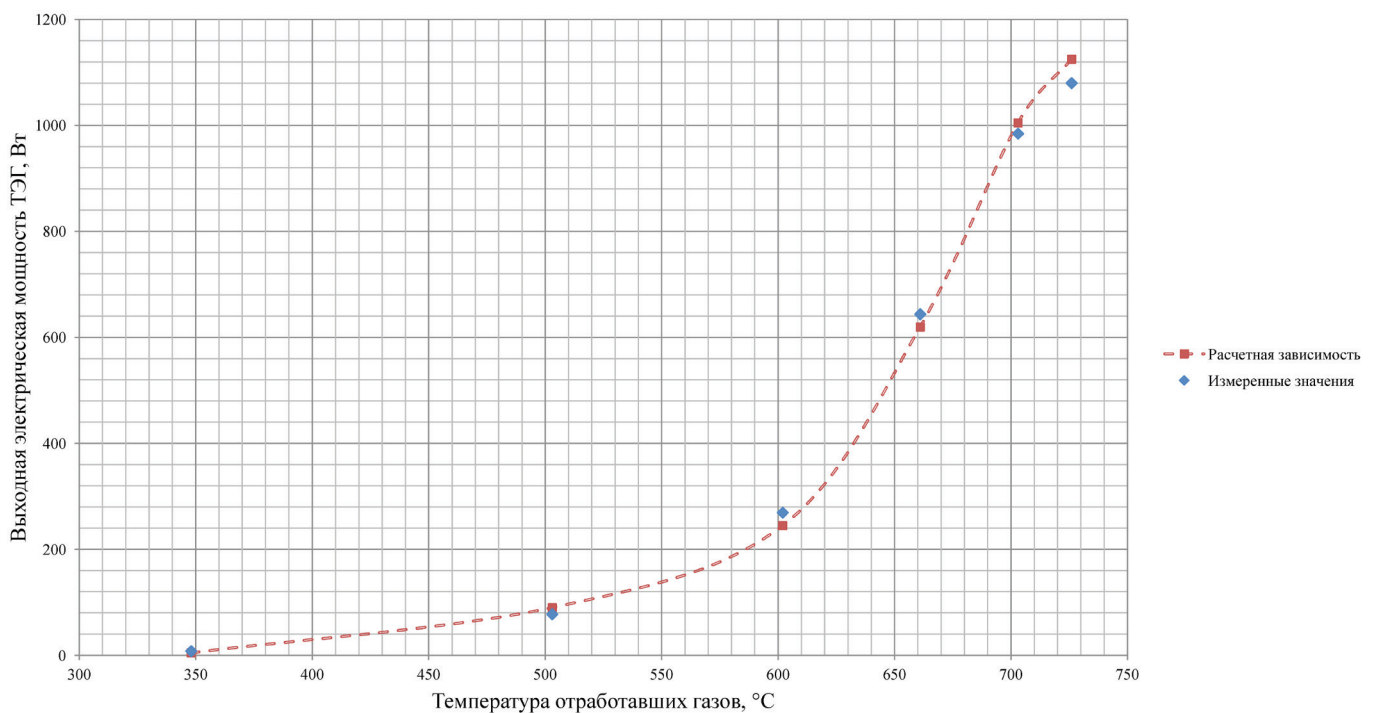


Рис. 5. Зависимость выходной электрической мощности термоэлектрического генератора от температуры отработавших газов

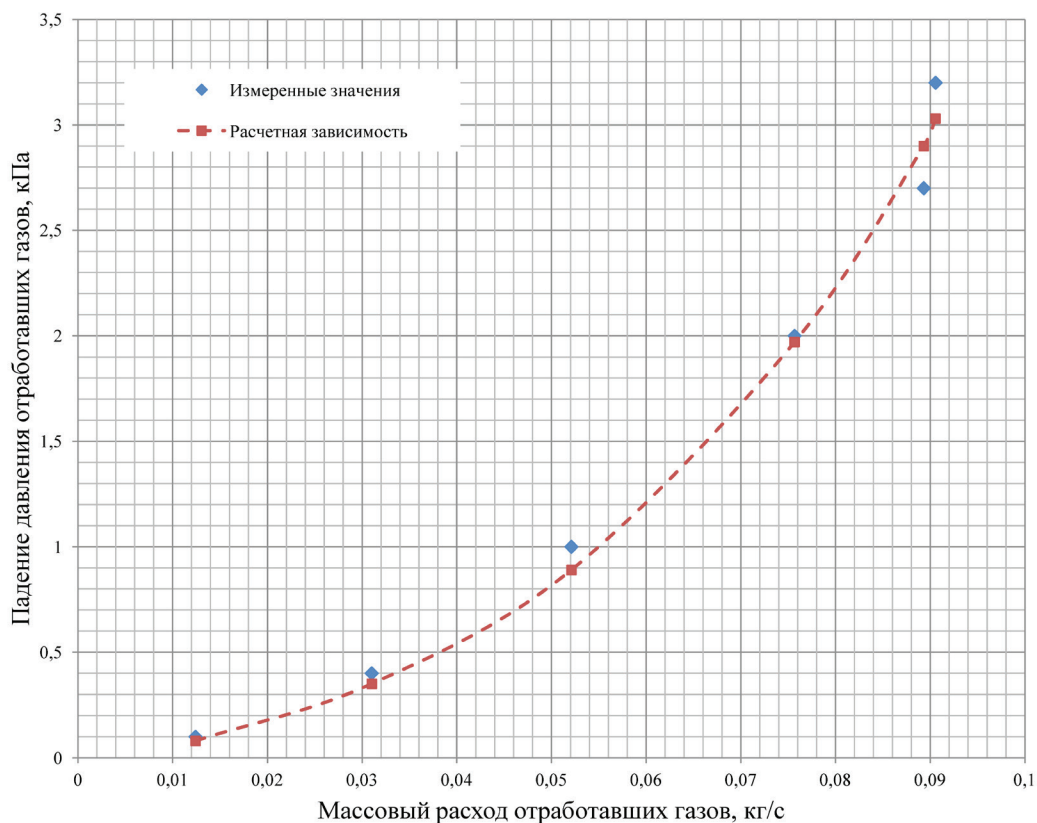


Рис. 6. Зависимость падения давления отработавших газов в термоэлектрическом генераторе от расхода отработавших газов

ности и аэродинамического сопротивления использовались зарегистрированные температуры, давления и массовые расходы горячего и холодного теплоносителей. Отклонение результатов моделирования от итогов лабораторных испытаний составило не более 6% [10, с. 96], что позволяет воспроизводить заданные свойства, состояние и поведение термоэлектрического генератора с достаточной точностью.

Среди прототипов термоэлектрических генераторов для систем выпуска двигателей внутреннего сгорания наиболее полно, с точки зрения достигнутых в реальных испытаниях показателей, описаны прототипы производства GM [11], BMW (совместно с фирмой BSST) и Volkswagen [12]. В таблице 2 представлено наглядное сравнение разработанного термоэлектрического генератора с современным научно-техническим уровнем.

Таблица 2

Сравнение разработанного термоэлектрического генератора с современным научно-техническим уровнем

Наименование ТЭГ	Максимальная электрическая мощность, Вт	Снижение потребления топлива двигателем внутреннего сгорания, %
Разработанный ТЭГ	1079,8	3,25 (дорожные испытания) 7% (NEDC)
Прототип General Motors	600	5
Прототип BMW	608	5
Прототип Volkswagen	600	н.д.

В ходе лабораторных испытаний ТЭГ удалось достигнуть максимальной электрической мощности более 1 кВт при максимальном падении давления отработавших газов 3200 Па. Подробное описание методик лабораторных испытаний разработанного термоэлектрического генератора и состава испытательного оборудования приведено в работе [13, с. 9497], опубликованной ранее.

Настоящая работа подготовлена в рамках соглашения № 14.577.21.0078 от «05» июня 2014 года о предоставлении субсидии при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0078.

Литература:

1. Jadhao, J. S., Thombare D. G. Review on exhaust gas heat recovery for I. C. engine // International Journal of Engineering and Innovative Technology. — 2013. — № 2, Issue 12. — С. 93–100.
2. Bell, L. E. Cooling, heating, generating power, and recovering waste heat with thermoelectric systems // Science. — 2008. — № 321(12). — С. 1457–1461.
3. Rowe, D. M., Min G. Evaluation of thermoelectric modules for power generation // Journal of Power Sources. — 1998. — № 73. — С. 193–198.
4. Khripach, N. A., Papkin B. A., Korotkov V. S., Zaletov D. V. Study of the Influence of Heat Exchanger Body Design Parameters on the Performance of a Thermoelectric Generator for Automotive Internal Combustion Engine // Biosciences Biotechnology Research Asia. — 2015. — № 12 (Spl.Edn. 2). — С. 677–689.
5. Man, E. A., Schaltz E. Rosendahl L, Rezaniakolaei A., Platzek D. A High Temperature Experimental Characterization Procedure for Oxide-Based Thermoelectric Generator Modules under Transient Conditions // Energies. — 2015. — № 8. — С. 12839–12847.
6. Kaibe, H., Kajihara T., Fujimoto S., Makino K., Hachiuma H. Recovery of Plant Waste Heat by a Thermoelectric Generating System // KOMATSU technical report. — 2011. — № 164 Vol. 57. — С. 26–30.
7. Lu, H., Wu T., Bai S., Xu K., Huang Y., Gao W., Yin X., Chen L. Experiment on thermal uniformity and pressure drop of exhaust heat exchanger for automotive thermoelectric generator // Energy. — 2013. — № 54. — С. 372–377.
8. Ramade, P., Patil P., Shelar M., Chaudhary S., Yadav S., Trimbake, S. Automobile exhaust thermo-electric generator design & performance analysis // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. — 2014. — № 4, Issue 5. — С. 682–691.
9. Thacher, E. F., Helenbrook B. T., Karri M. A., Richter C. J. Testing of an automobile exhaust thermoelectric generator in a light truck // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. — 2007. — № 221(1). — С. 95–107.
10. Хрипач, Н. А., Папкин Б. А., Коротков В. С., Залетов Д. В. Проверка адекватности разработанной математической модели термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания на основании результатов экспериментальных исследований // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 9(51). — С. 94–98.
11. Advanced Thermoelectric Materials and Generator Technology for Automotive Waste Heat at GM // U. S. Department of Energy. URL: <http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f13/meisner.pdf> (дата обращения: 24.10.2016).
12. Automotive Thermoelectric Generators and HVAC // U. S. Department of Energy. URL: http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f13/ace00e_fairbanks_2013_o.pdf (дата обращения: 24.10.2016).
13. Khripach, N. A., Papkin B. A., Korotkov V. S., Zaletov D. V. Experimental Studies of a Thermoelectric Generator for an ICE Exhaust System // International Journal of Applied Engineering Research. — 2016. — № 18, Volume 11. — С. 9497–9506.

9. ТРАНСПОРТ

Выбор системы управления двигателем электромобиля

Варзаносов Павел Викторович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Ключевые слова: электромобиль, система управления электроприводом, векторное управление

Электромобиль — современное новое экологичное средство передвижения. Несмотря на большую популярность бензиновых автомобилей, неизбежное будущее будет за машинами, не загрязняющими окружающую среду. И тенденция развития электротранспорта вполне логична. Растущие цены на бензин заставляют задуматься об экономичности использования автомобилей с бензиновым двигателем, растущий уровень шума в городах, производимый машинами пагубно влияет на здоровье граждан. Эти и многие другие факторы привели к тому, что каждая ведущая автомобильная компания взялась за разработку собственного электромобиля [1]. Качественным отличием электромобиля от автомобиля является использование асинхронного либо синхронного трехфазного электродвигателя вместо традиционного бензинового. Управление мотором электродвигателя требует определенного быстрого действия и создания необходимого момента на валу. Для этих целей используют различные системы управления электродвигателем. О выборе системы управления для электромобиля будет рассказано в этой статье.

Для того чтобы понять какое место занимает электродвигатель в машине и каким образом происходит управление, рассмотрим блок-схему перспективного электромобиля, представленную на рисунке 1 [3]. На схеме изображены основные элементы, а именно:

- электродвигатель;
 - питающая аккумуляторная батарея;
 - упрощенная трансмиссия, оснащенная одноступенчатым редуктором;
 - инвертор;
 - зарядное устройство на борту, чтобы обеспечивать возможность зарядки от бытовой розетки;
 - электронная система управления элементами конструкции;
 - DC-DC преобразователь;
 - вспомогательная батарея, которая используется в качестве питающего элемента климат-контроля, аудиосистемы, освещения.
- управление электромобилем [2].

Инвертор — это элемент, которые преобразует постоянный ток в трехфазный переменный, а также вклю-

чает в себя систему управления двигателями. Чтобы понять, какие параметры влияют на систему управления, рассмотрим структуру инвертора, изображенную на рисунке 2 [3].

Опыт различных компаний в создании и реализации электромобилей, накопленный к настоящему моменту позволяют выдвинуть определенные требования не только к самому электромобилю, но и к системе управления приводом автомобиля, в частности. Из всего ряда требований, выдвигаемых к электромобилю, выберем те, что относятся к системе управления двигателем и улучшают потребительские качества автомобиля, как средства передвижения.

Основные требования к системе управления электроприводом:

- плавное изменение скорости;
- стабильность автоматического поддержания установленной водителем скорости не ниже 10%, данное требование позволяет энергетически выгодно использовать энергию в условиях городской эксплуатации;
- плавное управление тяговым и тормозным моментом при разгоне и торможении соответственно;
- автоматическое ограничение максимального момента и мощности на определенном уровне;
- ограничение зарядного тока при рекуперативном торможении, при определенном уровне заряда;
- возможность движения в режиме наката с последующим плавным разгоном или электрическим торможением;

На микроконтроллере частотного преобразователя выполняется программное обеспечение, которое управляет скоростью и моментом двигателя за счет изменения частоты, напряжения, промежуточных токов в различных системах координат. Основные методы управления представлены на рисунке 3.

Рассмотрим системы управления, наиболее часто использующиеся в различных частотных преобразователях.

Скалярное управление или как его еще называют частотное, так как этот метод управления электродвигателем переменного тока заключается в том, что поддерживается постоянное соотношение напряжение/частота во

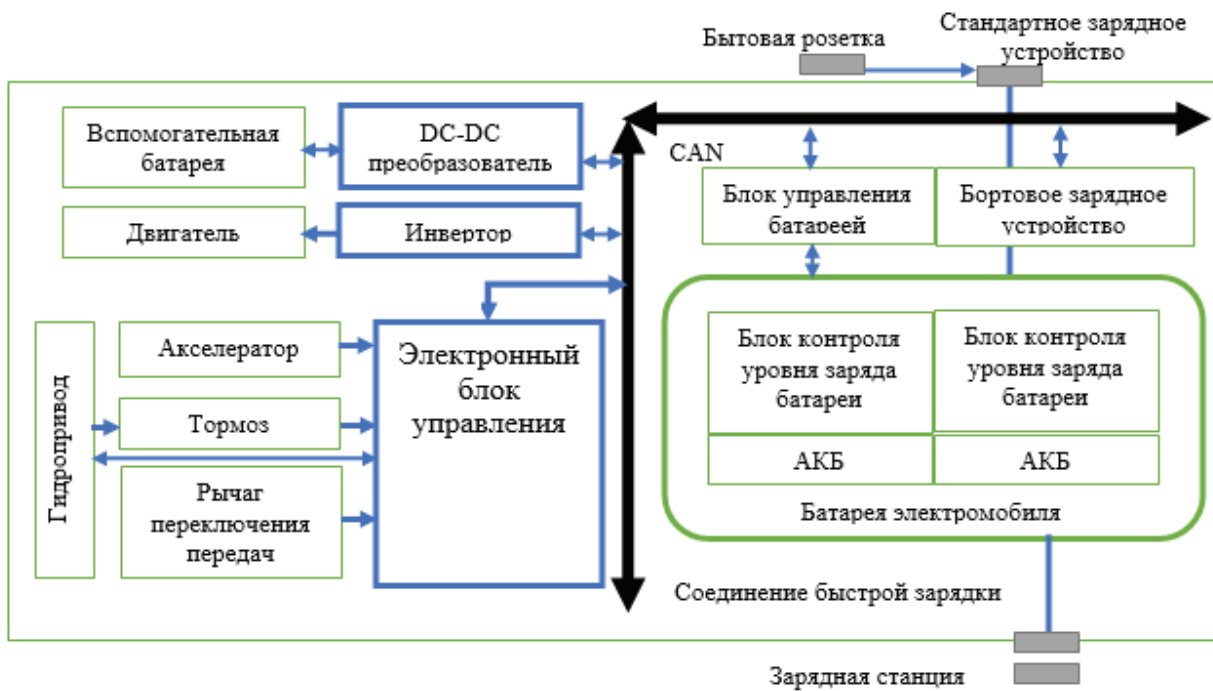


Рис. 1. Блок-схема электромобиля

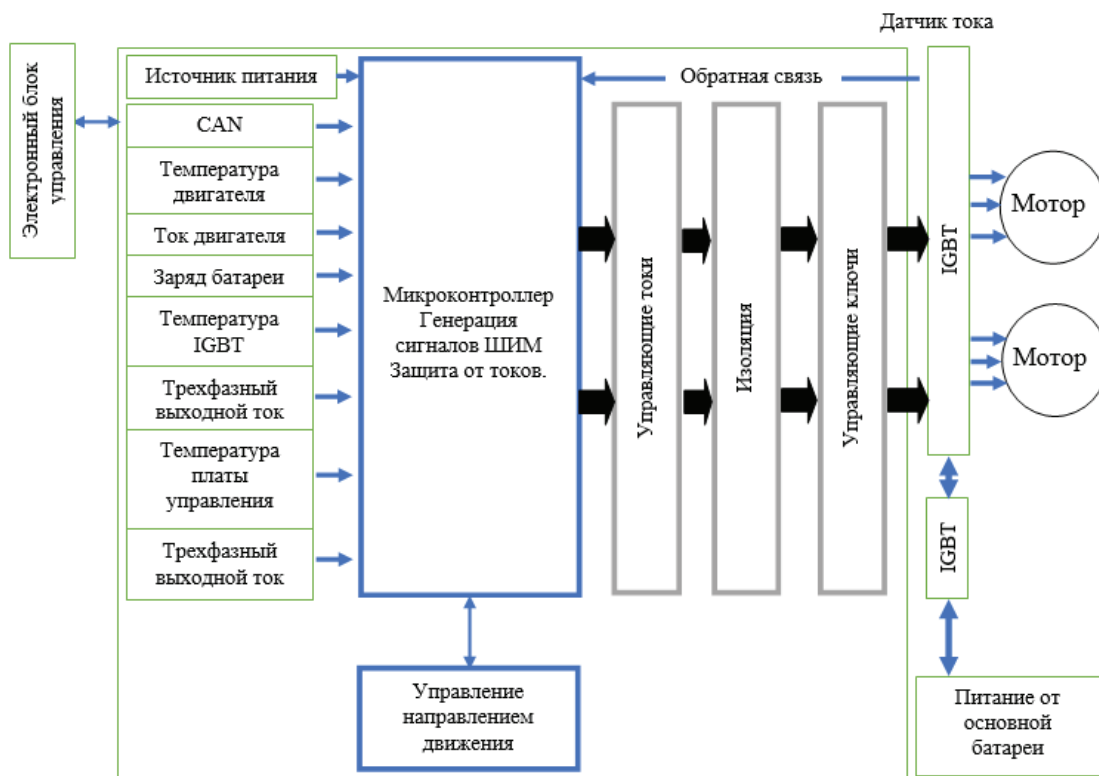


Рис. 2. Блок-схема инвертора

всем рабочем диапазоне скоростей, следственно изменяя частоту изменяется напряжение, а за ним и скорость вращения ротора. Это отношение вычисляется исходя из номинальных значений напряжения и частоты. Поддержание этого соотношения на определенном уровне, можно поддерживать магнитный поток на определенном уровне.

Существенным плюсом этой системы является простота ее реализации. Этот единственный плюс нивелируется такими недостатками как:

- Невозможно реализовать бездатчиковую систему управления асинхронным двигателем с набросом нагрузки, а система с датчиком скорости имеет низкую точ-

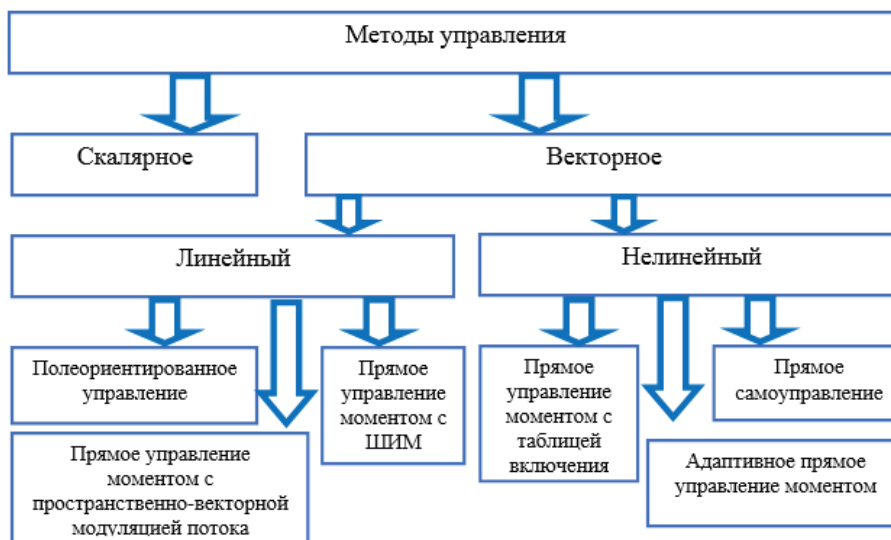


Рис. 3. Методы управления [5]

ность управления с нагрузкой, синхронный двигатель может вовсе выйти из синхронизма при увеличении момента выше предельного;

– Невозможно одновременно управлять и моментом, и скоростью двигателя;

Чаще всего скалярное управление используется в системах с большим диапазоном регулирования скорости. В нашем случае, данная система управления не подходит в виду того, что в электромобиле необходима точная регулировка скорости с нагрузкой на валу, а также в виду того, что скалярное управление не позволяет плавно изменять момент на валу.

Векторное управление, в отличие от скалярного, позволяет независимо и практически безынерционно управлять скоростью вращения и моментом на валу двигателя. Как показывает практика, недостаточно управлять напряжением и частотой, необходимо управлять и фазой, то есть контролировать значение и угол пространственного вектора [4]. Существующие методы управления моментом обычно классифицируют на две группы исходя из того, какие по своей структуре используются регуляторы, а именно: линейные и нелинейные (гистерезисные). В данной статье не подразумевается производить глубокий анализ всех систем управления в виду емкости теории по каждой из них, поэтому рассмотрим особенности, преимущества и недостатки векторных систем с управлением моментом.

Полеориентированное управление подразумевает отдельное управление как моментом, так и полем статора с помощью составляющих вектора поля статора. Все особенности этой системы связаны с указанием в программе правильных и точных характеристик двигателя, то есть

использовать адекватную модель электропривода [6]. При использовании системы с прямым управлением моментом с пространственно-векторной модуляцией напряжения необходимо точно вычислять нагрузку на валу, линейность регулятора уменьшает пульсации момента, позволяет плавно запускать двигатель и уверенно работать на низких оборотах, но ухудшает динамические характеристики. Особенностью нелинейного регулятора с прямым управлением моментом заключается в том, что порядок включения транзисторных ключей определяется таблицей, в которой заключены различные состояния вектора напряжения. Характеристики системы зависят от ее настройки и частоты сравнения с вектором напряжения. Увеличение частоты приводит к увеличению стоимости соответственно. Характерными особенностями прямого управления является полное использование возможностей инвертора по напряжению, а также отличная динамика при работе с постоянным и ослабевающим полем.

Наиболее подходящей для системы управления электромобиля является система векторного управления с прямым управлением моментом с таблицей включения. Отразив в таблице все возможные состояния вектора и увеличив частоту итераций можно получить отличные и статические, и динамические характеристики, а также удовлетворить всем другим требованиям, выдвинутым к системе. На данном этапе развития электромобилей эта система управления однозначно приведет к существенному удорожанию системы управления, а следственно и всего электромобиля, но в дальнейшем, по мере увеличения популярности электрокаров, по прогнозам экспертов, цена снизится, а вот качество управления останется на высоком уровне.

Литература:

1. Варзаносов, П. В. Анализ преимуществ и недостатков видов легкого электротранспорта / В сборнике: Технические науки: проблемы и перспективы Материалы IV Международной научной конференции. 2016. С. 89–91.

2. <http://autoleek.ru/dvigatel/jelektricheskij-dvigatel/ustrojstvo-jelektromobilja.html> (дата обращения 29.10.2016)
3. <http://toshiba.semicon-storage.com/ru/application/automotive/ecology/hev-ev.html> (дата обращения 29.10.2016)
4. Cristian Busca. Открытый контур управления низкой скорости для СДПМ в высоком динамическом приложении. — Ольборг, Дания.: Ольборг университет, 2010.
5. <http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/vfd/> (дата обращения 29.10.2016)
6. Семькина, И. Ю., Завьялов В. М. Сравнительный анализ систем регулирования угловой скорости асинхронного электродвигателя / Вестник Кузбасского государственного технического университета 2005. № 6 (51). С. 61–66.

11. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Антропометрические исследования стоп детей школьного возраста

Узакова Лайло Палвановна, кандидат педагогических наук, доцент;
Абдурахманова Фируза Абдуфармановна, старший преподаватель;
Мухаммедова Мадинабону Олимовна, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Для получения объективных антропометрических данных, необходимых создания рациональной конструкции профилактической детской обуви нами были проведены антропометрические исследования стоп школьников г. Бухары.

Целью проведенных антропометрических исследований стоп школьников являлось:

- определение основных антропометрических параметров стоп и сравнения полученных данных с данными проводившихся ранее исследований;
- определение характера распределения стоп детей в исследуемом коллективе по значениям основных антропометрических признаков;
- выявление закономерностей изменения основных геометрических характеристик детских стоп с возрастом;
- обоснование деления на поло-возрастные группы детей школьного возраста;
- построение научно-обоснованного размерного ассортимента обуви для детей школьного возраста;
- разработка рациональной формы следа колодки детской профилактической обуви;
- уточнение значений полугодового прироста стопы по длине и обхвату;
- уточнение положения пучков в зависимости от возраста;
- определение основных параметров средне-средних стоп для выделенных половозрастных групп;
- разработка размерного ассортимента обуви для детей школьного возраста;
- обоснование ширины следа колодки в сечении 018Д и 0,68 Д;
- получение данных для разработки рациональной формы затяжных колодок для каждой половозрастной группы.

Первоначально, в ходе исследований, нами была проведена статистическая обработка антропометрических данных, полученных при обмере стоп детей начальных классов школ г. Бухары. В ходе проводимых в течение нескольких месяцев обмеров было обследовано более тысяч детей, из них 866 детей в возрасте от 5 до 7 лет, соответствующих дошкольной поло-возрастной группе. Из общего числа детей девочки 5-ти и 6-ти лет составляли — 213 и 209 человек соответственно и мальчики 5-ти и 6-ти лет — 243 и 201 человека соответственно. Были измерены длина стопы и следующие обхваты: в пучках, по прямому взъему и через пятку-сгиб.

В ходе статистической обработки данных с использованием программы MS Excel для следующих признаков: длины стопы, обхвата в пучках, обхвата прямого взъема (табл. 1.) для дошкольной поло-возрастной группы были рассчитаны:

- средние значения размерных признаков M ;
- среднеквадратичные отклонения σ ;
- ошибка опыта t ;
- коэффициенты вариации (v)

В рамках исследований, проводимых БИТИ по Государственной научно-технической программы ИТД-10 А-10–4 на тему: «Разработка конструкции и технологии изготовления специальной обуви для детей с патологическими отклонениями» на базе 4 школ нами в марте-сентябре 2016 г. были проведены антропометрические исследования стоп школьников с 1 по 9 класс. Всего было обмерено 1084 человека. Выборка детей от 7 до 12 лет для каждой половозрастной группы колеблется в пределах от 100 до 126 чел, что обеспечивает ее достоверность.

Таблица 1

Средние значения размерных признаков стоп для дошкольной группы

Размерные признаки	$M \pm t$, мм	σ , мм	v , %
Длина стопы	$190 \pm 0,408$	12	6,3
Обхват в пучках	$177 \pm 0,396$	11,64	6,6
Обхват прямого взъема	$177,6 \pm 0,421$	12,38	7,0
Обхват через пятку-сгиб	$241 \pm 0,59$	17,4	7,2

В ходе проведения обмеров фиксировали фамилию, имя, возраст ребенка, класс, дату обмера. Измерения проводились в положении равномерной опоры на обе стопы. С правой стопы снимали плантограмму. Измерение обхватов проводили с помощью гибкой миллиметровой ленты. Размеры по длине и ширине определяли на плантограмме.

Были определены значения следующих размерных признаков: длина стопы (D); обхват в середине пучков ($O_{с.п.}$); обхват прямого взъема ($O_{п.вз.}$); обхват через пятку-сгиб ($O_{с.г.}$). По плантограмме определяли ширину стопы по отпечатку ($Ш_{оп.}$) и габариту в пятке ($Ш_{п.}$) в сечении $0,18D$, а также ширину стопы по отпечатку ($Ш_{оп.}$) и габариту ($Ш_{г.пуч.}$) в пучках (в сечении $0,68D$). Полученные данные были обработаны методом вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel.

Изучение динамики изменения у детей длины стопы, а также основных обхватных и широтных параметров имеет большое практическое и теоретическое значение для определения закономерностей роста и развития детского организма.

На основе данных, полученных в ходе проведенных антропометрических исследований, выявлена закономерность изменения всех основных размеров стопы с возрастом детей. Средняя арифметическая длина стопы у девочек с 6 до 16 лет увеличивается на 49,35 мм (с 199,08 мм до 248,43 мм), у мальчиков на 76,49 мм (с 199,83 мм до 276,32 мм). Наиболее интенсивный рост стопы наблюдается у девочек с 6 до 11 лет и у мальчиков с 7 до 12 лет. Длина стоп мальчиков, больше чем у девочек, хотя в 10–11 лет стопы у мальчиков и девочек различаются незначительно, и разница между длинами стоп составляет (3,85–3,0 мм) (Таблица 2.)

До 11 лет кривые по длине стопы и основным обхватам, как у мальчиков, так и у девочек идут практически параллельно. Начиная с 12-летнего возраста характер кривых у мальчиков и девочек становится различным. У девочек по длине стопы и по обхватным параметрам наблюдается падение скорости роста и в среднем к 14–15 годам рост стопы прекращается. У мальчиков рост стопы продолжается до 16–18 лет.

Таблица 2

Прирост основных размерных признаков стоп детей школьного возраста по годам

Возраст	Прирост размерного признака по годам, мм									
	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
длина стопы										
Девочки	5,34	6,62	9,17	9,69	9,18	2,45	4,78	0,73	0,96	0,43
Мальчики	9,4	8,59	10,23	5,7	8,33	10,34	7,51	9,94	4,72	1,76
обхват в пучках										
Девочки	3,7	4,6	5,77	7,58	7,9	3,89	3,43	2,57	1,08	0,68
Мальчики	7,13	4,75	6,78	3,26	9,63	3,11	10,3	6,28	2,58	5,73
обхват прямого взъема										
Девочки	4,54	4,52	4,7	8,37	6,71	2,79	3,8	2,06	1,53	0,57
Мальчики	5,83	5,08	7,52	3,01	9,68	6,52	6,93	7,05	2,82	3,55

У мальчиков наибольший прирост стопы в первый раз наблюдается в возрасте 8–9 лет (в этот период стопа увеличивается на 10,23 мм), второй — в возрасте 11–12 лет (на 10,34 мм). Мы сравнили полученные нами данные средних значений основных размерных признаков стоп с данными ранее проводимых исследований.

Одной из важных задач определения рациональной внутренней формы обуви и рационального размерного ассортимента является определение параметров средне-средних стоп. В работе были определены параметры средне-средних стоп для объединенных групп школьников (табл. 3.)

Таблица 3

Параметры средне-средних стоп для групп школьников

Группа	Девочки		Мальчики	
	от 7 до 12 лет	от 12 до 15 лет	от 7 до 12 лет	от 12 до 15 лет
д	221	245,5	226	253
$O_{с.п.}$	201,6	223,6	209,5	236,5
$O_{п.вз.}$	206,2	226,3	215,7	244,5
$O_{п.сг.}$	280,4	308,8	286	334,4
$Ш_{г.п.}$	60,5	64,8	62,8	71
$Ш_{о.п.}$	40,3	44,7	44	49,7
$Ш_{г.пуч.}$	82,7	91,7	86	97
$Ш_{о.пуч.}$	66,5	76	69	80,4

Как было установлено Ю.П. Зыбиным, все параметры стопы связаны между собой по ширине, высоте и обхватам пропорциональной зависимостью. В работе были рассчитаны значения коэффициентов пропорциональности, связыва-

ющие значения ширины следа в пятке и пучках со значением обхвата в пучках, а также задающие положение наружного и внутреннего пучка в зависимости от длины для различных параметров для всех от 7 до 12 лет групп школьников.

Таблица 4

Расчет коэффициентов пропорциональности для школьников от 7 до 12 лет

Возраст	Отношение ширины отпечатка в пятке к обхвату в пучках	Отношение ширины отпечатка в пучках к обхвату в пучках	Отношение ширины габарита в пятке к обхвату в пучках	Отношение ширины габарита в пучках к обхвату в пучках	Отношение длины до внутреннего пучка к длине стопы	Отношение длины до наружного пучка к длине стопы
Девочки						
6	0,21	0,33	0,31	0,41	0,74	0,66
7	0,20	0,33	0,3	0,41	0,73	0,65
8	0,21	0,33	0,3	0,41	0,73	0,65
9	0,20	0,33	0,29	0,41	0,73	0,65
10	0,20	0,33	0,29	0,41	0,73	0,64
11	0,20	0,33	0,29	0,41	0,73	0,65
12	0,21	0,34	0,29	0,41	0,72	0,64
Мальчики						
6	0,21	0,33	0,31	0,43	0,74	0,66
7	0,21	0,33	0,3	0,41	0,73	0,65
8	0,2	0,33	0,3	0,41	0,73	0,65
9	0,2	0,34	0,3	0,41	0,73	0,65
10	0,2	0,33	0,3	0,41	0,72	0,64
11	0,21	0,33	0,3	0,41	0,73	0,65
12	0,21	0,34	0,3	0,41	0,73	0,64

Литература:

1. Барановская, И. А. Совершенствование размерного ассортимента детской кожаной обуви. Дис... к.т.н. М, 2003. 147 с.
2. Фукин, В. А., Киселев С. Ю. Проектирование технологической оснастки обувного производства, Учебное пособие. — М.: ИИЦМГУДТ, 2003

Выбор метода антропометрических исследований стоп детей с патологическими отклонениями

Узакова Лайло Палвановна, кандидат педагогических наук, доцент;
Абдурахманова Фируза Абдуфармановна, старший преподаватель;
Мухаммедова Мадинабону Олимовна, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Обоснование рациональной формы следа профилактической обуви и обуви повышенной комфортности невозможно без рассмотрения широкого круга вопросов, связанных с анатомией и физиологией стопы. К их числу относятся: особенности анатомического строения стопы взрослых и детей; изменения размеров и формы стопы под действием нагрузки и высоты приподнятости пятки; определение месторасположения выкладки продольного свода на следе колодки и ее оптимальных параметров для про-

филактической и комфортной обуви; изменения толщины мягких тканей плантарной поверхности стопы под влиянием нагрузки. Для изучения этих вопросов необходимо вначале выбрать методы получения исходных данных о стопе, которые будут применяться в работе.

Понятие «патология стоп» есть собирательный термин, характеризующий количественные и качественные нарушения параметров опорно-двигательной системы нижних конечностей человека, вызывающие дискомфорт, боль,

кожные и сосудистые нарушения стопы. Есть патологии стоп ярко выраженные. Например, Вы обращали внимание, когда идёте в людском потоке, что подавляющее количество людей либо косолапят, либо их ноги внутрь «заваливаются». И это уже не впечатление, а фактическое наблюдение — людей с патологиями стоп больше, чем здоровых людей. Почему так? В чём причины?

Ортопедическая патология делится на две примерно равные группы по количеству. Одну составляют врожденные деформации скелета и наследственные заболевания, приводящие к системным нарушениям, другую — приобретенная патология. Кроме того, отклонения от нормального развития могут быть следствием сочетания индивидуальных особенностей, которые ребенку по наследству передают родители. К ним относятся конституция, строение тканей, обмен веществ и прочее. Например, ребенок рождается с большим весом и ростом, что само по себе не является патологией, но в сочетании с определенной формой нижних конечностей фактор избыточного веса может привести к деформации стоп на этапе вставания малыша на ноги и в начале ходьбы.

Выраженные врожденные деформации чаще выявляются сразу после рождения, но нередко они проявляются позже, в процессе роста. Уже в первые недели жизни у ребенка возможны приобретенные отклонения костно-мышечной системы: последствия родовой травмы, воспалительных заболеваний, измененного обмена веществ, нарушения функций внутренних органов. Поэтому очень важно, чтобы ребенок был осмотрен врачом-ортопедом в месячном возрасте.

Неврологические отклонения. Врожденная деформация стоп относится к числу наиболее распространенных ортопедических заболеваний. По частоте занимает одно из первых мест среди патологий опорно-двигательного профиля (25–30%), уступая по частоте лишь врожденному вывиху бедра.

Пяточная установка стоп является одной из наиболее частых и легких форм патологии у маленьких детей и возникает как следствие их особого фиксированного положения в период внутриутробного развития. При этой патологии стопы находятся в положении тыльного сгибания в голеностопных суставах, иногда в сочетании как с их приведением, так и с отведением.

Со стороны нижних конечностей, связанные с родовой травмой поясничного отдела или с нарушением развития спинного мозга в пояснично-крестцовом отделе, проявляются асимметричным тонусом мышц и различными функциональными нарушениями положения стоп: они отклоняются кнаружи от средней позиции, занимают пяточное положение или обратное ему, когда стопы опущены в подошвенную сторону.

Приведенные стопы часто проявляются лишь к одному месяцу жизни, и родители узнают об этом от врача-ортопеда на первом осмотре. Суть деформации заключается в отклонении вовнутрь переднего отдела по отношению к пятке и закруглении наружного края стопы. Это

отчетливо видно со стороны подошвы. Первый межпальцевый промежуток расширен, а первый палец «смотрит» вовнутрь. Некоторые принимают данную деформацию за косолапость, но это не так, поскольку в этом случае отсутствуют нарушения соотношения костей стопы, нет ограничения подвижности в голеностопных суставах и т.д.

Врожденная косолапость более тяжелая деформация стоп с изменением формы и положения костей, укорочением всех мягких тканей по задней и внутренней поверхностям голени и стопы (типичные случаи). У мальчиков она встречается чаще, чем у девочек. В некоторых случаях косолапость передается по наследству. Такое порочное положение стопы или не устраняется одномоментно, или устраняется с большим трудом. Именно этот факт позволяет отличить нетяжелую косолапость от функциональных расстройств, связанных с преобладанием тонуса отдельных мышц.

При врожденной косолапости стопа несколько уменьшена в размерах, поскольку изменены процессы ее кровоснабжения и окостенения. Всегда нарушены движения в голеностопном суставе.

Косолапость может быть следствием неправильного развития спинного мозга на уровне пояснично-крестцового отдела. В таких случаях отмечается парадоксальная работа мышечных групп, постепенно развивается их атрофия и к школьному возрасту вся конечность укорачивается в целом на 1–2 см.

Типичная врожденная косолапость в большинстве случаев полностью излечивается на первом году жизни без каких-либо хирургических вмешательств.

Приобретенные патологии стоп. В связи с разными заболеваниями могут возникнуть деформации скелета.

Чаще других наблюдаются рахитические искривления конечностей и позвоночника. Они связаны с нагрузкой на размягченные рахитом кости. Большая часть приобретенных вследствие рахита искривлений бесследно исчезает самостоятельно в процессе роста при условии ранней нормализации обмена кальция и фосфора в организме и применении других лечебных мероприятий: лечебного массажа, специальных физических упражнений, солевых или хвойных ванн.

Значительное уменьшение О-образных искривлений или их полное исправление происходит к 5–6 годам жизни ребенка.

Сложнее обстоят дела только с Х-образной формой ног. С одной стороны, она нарушает правильное развитие стоп, поскольку центр тяжести тела смещается дальше внутрь от внутреннего края стоп, а с другой — хуже самостоятельно исправляется. Для того чтобы поддержать стопы и способствовать нормализации оси конечностей, детям необходимо длительно носить жесткую ортопедическую обувь или ортопедические стельки-супинаторы, которые приподнимают внутренние края стоп.

К школьному возрасту у ребёнка формируются продольные и поперечные своды стоп. Появляется ненагружаемое подсводное пространство с внутренней стороны, как у взрослого, что свидетельствует о формировании про-

дольного свода стопы, а округлость у основания пальцев характеризует наличие поперечного свода стопы.

Почему именно в этом возрасте детям полезно бегать босиком по траве?

Осуществляется массаж ступней ног, где находятся много активных точек, при воздействии на которые укрепляется здоровье и лечатся многие болезни сердца, почек, печени и др.

Дополнительно: со ступней удаляются ненужные отмершие клетки. Ступни становятся более здоровыми, упругими, красивыми, загорелыми. Они начинают дышать, между пальцев исчезает опрелость. Уменьшается риск подцепить грибковую инфекцию.

Наши прадеды ходили босиком. У них было не только с ногами всё в порядке, но и со здоровьем. При этом они ходили босиком и по улице, и по земле, и по траве. Причём всегда босиком даже в самую дождливую погоду, а это считается важным моментом в закаливании организма.

Если лето ребенок проводит на даче или в деревне, то пусть бегаёт босиком столько, сколько захочет. В лечебных целях лучше всего ходить по скошенной траве или по мелкой гальке. Это даёт наибольший эффект в связи с воздействием на активные точки стопы. Ведь на стопе человека расположены зоны, которые представляют собой проекцию практически всех внутренних органов и коры головного мозга человека. В рефлексотерапии активно используют эти зоны воздействуя на них разными методами, включая точечный массаж и иглоукалывание. За счёт дополнительной стимуляции стоп улучшается циркуляция крови в ногах, активизируется работа внутренних органов. Никаких противопоказаний для ходьбы босиком не существует. Ведь это не что иное, как самомассаж.

Статическое плоскостопие чаще всего обусловлено слабостью капсулярно-связочного и мышечного аппаратов стоп и большой нагрузкой на них, особенно при избыточном весе ребенка. Уменьшение сводов постепенно нарастает и приводит к усталости ног, болям в икроножных мышцах после длительной нагрузки. Походка ребенка становится тяжелой, он не успевает в быстроте за своими сверстниками, превращается в «увальня» и «неумеху». Уменьшение рессорной функции стоп отражается и на состоянии всего скелета, особенно позвоночника, усиливаются уже имеющиеся патологии.

Важно своевременно стабилизировать плоскостопие, предупредить деформацию пальцев стоп. Детям с плоскостопием необходимо носить стельки-супинаторы или ортопедические стельки, формирующие своды. В тех случаях, когда не только снижена высота сводов, но и имеется неправильная установка стоп, назначается врачом-орто-

педом ортопедическая обувь или индивидуальные ортопедические стельки. Обязательным условием лечения являются тренировки мышц голени и стоп. С этой целью применяются различные тренажеры, массажеры, лечебная физкультура на массажных ковриках, контрастные ванны, физиотерапевтические процедуры.

Патологии стопы при статической недостаточности:

продольное плоскостопие — опускание вниз продольного свода стопы

поперечное плоскостопие — распластаный передний отдел стопы

продольно-поперечно плоскостопие — комбинированный вариант

плоско-вальгусная деформация стоп — определенное снижение высоты обоих сводов стопы и искривление её оси, при этом пятка и пальцы смотрят наружу, а вот средний отдел стопы завален внутрь

С целью выбора метода антропометрических исследований были рассмотрены наиболее распространенные методы получения исходной информации о стопе. В настоящее время, при обмерах и исследованиях стоп наибольшее применение получили метрические методы измерений (линейные и объемные), плантографический метод, метод гипсования, метод получения сечений с помощью контурографов, фотографический, рентгенологический, баропо-дометрический.

При проведении антропометрических исследований часто используется плантографический метод, являющийся одним из наиболее доступных при массовых исследованиях стоп. Получаемые с его помощью плантограммы, отражают все особенности строения стопы и позволяют получать как дискретные, так и аналоговые ее характеристики.

С помощью метода плантографии можно получить контуры отпечатка и габарита стопы, определить наличие деформаций стопы. При всей простоте метода он очень информативен, т.к. плантограмма является необходимой исходной информацией для проектирования следа колески и дает возможность оценки состояния стопы по целому ряду коэффициентов.

В тоже время, плантограмма стопы дает представление о форме и размерах мягкого свода в горизонтальной плоскости, что лишь отчасти позволяет судить о высоте костного свода.

Широкий спектр существующих методов получения информации о стопе делает возможным выбор метода, наиболее подходящего для конкретной задачи, а внедрение компьютерных технологий повышает точность и эффективность измерений.

Литература:

1. Распространенность патологии/ Андрианов В.В. — Организация ортопедической и травматологической помощи детям, Л.: 1988
2. Рекомендации по проектированию вкладных ортопедических стелек для детей (на подбор) / И.К. Горелова, Ю.Б. Голубева, Е.И. Скимонт — СПбНИП, СПб, 2002.

13. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Математическое моделирование процессов сепарации газов от дисперсной фазы в канале с ленточным завихрителем

Лаптев Анатолий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой;
Исхаков Альберт Рифкатович, младший научный сотрудник
Казанский государственный энергетический университет

В химической, нефтехимической промышленности и энергетике используются различные газообразные среды. Обычно газы имеют неоднородный состав и содержат некоторое количество примесей в виде дисперсной фазы, которую необходимо отделять из-за негативного влияния на технологические процессы и оборудование. Осаждение аэрозолей при этом подходе рассматривается как разновидность диффузионного процесса, что позволяет для его описания использовать уравнения из теории турбулентной миграции частиц и массопередачи. Математическое моделирование является эффективным инструментом при решении задач проектирования или модернизации аппаратов в химической технологии.

При турбулентном течении аэрозоля частицы, будучи невелики по сравнению с масштабом пульсаций газа, вовлекаются в пульсационное движение сплошной среды и совершают вместе с ней интенсивное диффузионное перемещение по потоку. При этом, наличие значительных градиентов осредненной скорости газа и ее пульсационных составляющих в пристеночной области потока вызывает появление еще двух специфических форм движения частиц: продольное скольжение частиц относительно газа со скоростью, соизмеримой со скоростью его течения; поперечная миграция частиц со скоростью, соизмеримой со скоростью турбулентных пульсаций газа.

Эксперименты показали [1], что при турбулентном режиме течения газа скорость осаждения частиц на стенках труб и каналов обычно на несколько порядков превосходит скорость диффузионного (броуновского) осаждения тех же частиц из ламинарного потока и в противоположность последнему возрастает с повышением скорости течения газа, свидетельствуя тем самым об инерционной природе явления. Эта характерная для турбулентных аэродисперсных потоков форма осаждения взвешенных частиц на продольно обтекаемых препятствиях получила название турбулентного осаждения аэрозолей.

Главные силы турбулентного переноса и осаждения аэрозольных частиц — это турбулентная диффузия и турбулентная миграция частиц.

Далее рассмотрен процесс осаждения аэрозоля в вертикальном цилиндрическом канале при турбулентном режиме. По мере движения газожидкостной смеси вдоль канала происходит осаждение частиц на стенках за счет различных механизмов.

Если не учитывать молекулярную диффузию за пределами пограничного слоя, то механизм переноса частиц будет складываться из перемешиваний, обусловленными общими турбулентными вихрями сплошной фазы, общими турбулентными вихрями малых масштабов, обусловленные беспорядочным движением частиц относительно сплошной фазы. Также имеет место продольное перемешивание из-за полной циркуляции в сплошной фазе.

Если аэрозоль имеет концентрацию частиц меньше 2% об., то преобладающим механизмом является перемешивание за счет общих турбулентных вихрей сплошной фазы.

Обычно при теоретическом анализе всех форм движения дисперсных частиц в турбулентном потоке принимаются следующие предположения [1].

1. Диаметр частиц d_q мал по сравнению с масштабом несущих их пульсационных вихрей с масштабом ℓ : $d_q \ll \ell$.
2. Обтекания частиц происходит при $Re_d = |U_{gp}| d_q / \nu_r < 1$, где $U_{gp} = U_\infty - U_p$ — скорость обтекания частиц турбулентными пульсациями, ν_r — коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с.

3. Среднее расстояние между частицами определяется по следующей формуле: $S_m \approx 80 d_q \left(\frac{\rho_q}{C} \right)^{\frac{1}{3}}$, где ρ_q — плотность частиц, кг/м³; C — концентрация, кг/м³.

Также частицы: не соударяются и не коагулируют друг с другом; не стесняют движение друг друга в ходе взаимных перемещений; не оказывают ощутимого влияния на турбулентные характеристики среды.

Согласно экспериментальным данным Россетти и Пфефера пределом концентраций частиц при выполнении данных условий можно считать $C \leq 200$ г/м³.

4. Частицы имеют близкую к сферической форму. При сильном отклонении от сферы вводится коэффициент формы. Полидисперсность дисперсных частиц рассматривается пофракционно.

5. Вторичный срыв и унос частиц со стенки незначителен.

Согласно подходу [1] хаотичное движение частиц в турбулентном потоке газа можно представить как диффузионное движение аэрозольной жидкости, частицы которой имеют меньшую подвижность в K_d раз, чем частицы газа. Тогда для нахождения плотности потока таких частиц можно использовать закон Фика в форме гипотезы Буссинеска [1]:

$$j = -D_d \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

и уравнение конвективного массопереноса частиц для плоского канала

$$u_x \frac{\partial C}{\partial x} + u_y \frac{\partial C}{\partial y} + u_z \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_d \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_d \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_d \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (2)$$

с заменой коэффициента турбулентного обмена в газовой фазе D_d на коэффициент турбулентной диффузии частиц D_T [1]: $D_d = K_d^2 D_T$, где u_x, u_y, u_z — скорости движения сплошной фазы вдоль координат x, y и z соответственно.

Для определения коэффициента турбулентной диффузии используются различные модели.

В двумерном виде уравнение (2) примет следующий вид:

$$u_y \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D_d \frac{\partial C}{\partial y} \right). \quad (3)$$

За пределами пристенного слоя, т. е. в ядре потока примем коэффициент $D_d = \text{const}$ ($y > \delta$), а $D_T \approx \nu_T$. Задание граничных условий для двухфазного потока на стенке к уравнению (3) является затруднительным, поэтому в данном случае используем подход, когда влияние переноса дисперсной фазы к поверхности стенки (или межфазной поверхности) в уравнении переноса учитывается в виде объемного источника массы.

Структура двухфазных потоков определяется размерами и распределением элементов дисперсной фазы в сплошной, имеющими общую границу раздела. Для описания таких систем применяются модели гомогенного течения, отдельного течения фаз, потока дрейфа и др. Движение аэрозолей характеризуется практически однородным распределением дисперсной фазы, поэтому далее использован известный подход, когда перенос дисперсной фазы к стенке (или межфазной поверхности) учитывается в виде объемного источника массы.

В общем виде источник массы записывается в следующей форме

$$r = \frac{M}{V} = \frac{jF}{V}. \quad (4)$$

Где M — количество массы частиц перешедших из одной фазы в другую, кг/с; V — объем, м³; F — поверхность контакта, м²

Локальный поток массы (1) можно записать в форме аналога уравнения массоотдачи [1]: $j = u_t C$, где u_t — коэффициент скорости переноса частиц турбулентной миграцией, м/с;

Скорость турбулентного осаждения частиц является мерой интенсивности осаждения частиц из турбулентного потока газа на стенках. Под ней подразумевается количество частиц (весовое или численное), осаждающихся из аэрозольного потока на 1 м² поверхности стенок за 1 с, отнесенное к единичной (по весу или числу) концентрации частиц [1].

С учетом вышеизложенного подхода уравнение (3) получит вид

$$u \frac{\partial C}{\partial z} = D_d \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + u_t C(z) a, \quad (5)$$

где y — поперечная координата к стенке канала, м; u_y — находится используя логарифмический профиль скорости; a — удельная поверхность, м²/м³.

Граничные условия к уравнению (5): $z = 0, C = C_n; z = H, \partial C / \partial z = 0; y = 0, \partial C / \partial y = 0$, где C_n — начальная концентрация; H — высота канала, м.

Данное уравнение справедливо для стационарного процесса и не учитывает входной участок гидродинамической стабилизации.

Повысить эффективность работы трубчатых контактных устройств можно используя закрутку газового потока. При закрученном движении потока происходит увеличение турбулизации потока, повышается перепад давления и эффективность процессов переноса.

Закрутку потока в цилиндрическом канале обычно организуют путем установки во внутреннее пространство ленточного завихрителя.

Для учета ленточного завихрителя запишем уравнение (5) в проекции на вертикальную ось:

$$\frac{u_{\text{ср}}}{\cos\theta} \frac{dC}{dz} = D_{\text{п}} \frac{d^2C}{dz^2} + u_t C(z) a, \quad (6)$$

где $u_{\text{ср}}$ — средняя скорость газа в слое, м/с; θ — угол подъема винтовой линии (закрутки потока).

Граничные условия: при $z = 0$, $C = C_{\text{н}}$; при $z = H$, $\frac{dC}{dz} = 0$.

При $Re \gg 1$ уравнение (6) упрощается: $\frac{u_{\text{ср}}}{\cos\theta} \frac{dC}{dz} = u_t C(z) a$

и в конечных разностях запишется следующим образом:

$$C_i = \frac{C_{i-1}}{1 + \frac{u_t a \Delta z_i \cos\theta}{u_{\text{ср}}}}. \quad (7)$$

Динамическая скорость газовой смеси u_* определяется по следующей зависимости, полученной из уравнения баланса сил:

$$u_* = d_{\text{т}} \left(\frac{\pi \Delta P_{\text{г-ж}}}{4 F_{\text{т}} \rho_{\text{г}} \cos\theta} \right)^{0,5}, \quad (8)$$

где $\Delta P_{\text{г-ж}}$ — перепад давления, обусловленный трением газа и жидкости, Па; $F_{\text{т}}$ — поверхность трубы, м².

Угол подъема винтовой линии: $\theta = \arctan\left(\frac{\pi d_{\text{т}}}{S_{\text{лз}}}\right)$, где $S_{\text{лз}}$ — шаг витка ленты, м.

Перепад давления $\Delta P_{\text{г-ж}}$, обусловленный трением газа и жидкости, находится в зависимости от плотности орошения трубок q : $q = 3600 \frac{L_{\text{т}}}{(S_{\text{в.т.}} - S_{\text{т}}) \rho_{\text{ч}}}$.

При $q > 1$ м³/м ч перепад давления находится экспериментально, а при $q < 1$ м³/м ч считается, что трубки практически не орошаются:

$$\Delta P_{\text{г-ж}} = \Delta P_{\text{сух}} = \xi_3 \frac{H_{\text{т}} \rho_{\text{г}} u_{\text{ср}}^2}{d_3}, \quad (9)$$

где ξ_3 — коэффициент гидравлического сопротивления, вызванный закруткой, $\Delta P_{\text{сух}}$ — перепад давления для сухого канала, Па. $d_3 = \frac{(\pi d_{\text{т}} - 4\delta_{\text{лн}})d_{\text{т}}}{\pi d_{\text{т}} + 2d_{\text{т}}}$, где $\delta_{\text{лн}}$ — толщина ленты, м.

В зависимости от критического значения числа Рейнольдса $Re_{\text{кр}} = 2300 + 87000 \left(\frac{d_{\text{т}}}{S_{\text{лз}}}\right)^{1,16}$, расчет коэффициентов сопротивления можно выполнить по уравнениям Шукина при $Re \leq Re_{\text{кр}}$:

$$\xi_3 = \frac{6,34}{Re^{0,474}} \left(\frac{d_{\text{т}}}{d_3}\right)^{0,263} + \frac{25,6}{Re}.$$

При турбулентном режиме $Re > Re_{\text{кр}}$:

$$\xi_3 = \frac{0,705}{Re^{0,28}} \left(\frac{d_{\text{т}}}{d_3}\right)^{0,09} + 0,009 \left(\frac{d_{\text{т}}}{d_3}\right)^{0,65}, \text{ где } Re = \frac{u_{\text{ср}} d_3}{\nu_{\text{г}}}, d_3 \text{ — диаметр кривизны спирального канала, м.}$$

$$\frac{d_3}{d_{\text{т}}} = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi^2} \left(\frac{S_{\text{лз}}}{d_{\text{т}}}\right)^2.$$

Зависимость для ξ_3 справедлива при $\frac{S_{\text{лз}}}{d_{\text{т}}} = 3,6 - 22$.

Таким образом, на основе применения уравнения конвективного массопереноса частиц получены выражения для определения профиля изменения концентрации по высоте цилиндрического канала с ленточным завихрителем. Представленные модели могут быть использованы проектными организациями при разработке аппаратов газоочистки.

Литература:

1. Медников, Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. — М.: Наука, 1980. — 176 с.

Анализ методов и перспективы борьбы с потерями нефти на месторождении

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Джексенов Тимур Бауржанович, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

Статья посвящена вопросам анализа методов и перспектив борьбы с потерями от испарения нефти при промысловой подготовке ее к транспорту.

Ключевые слова: *потери нефти, углеводороды, технологические потери, большие дыхания резервуара, малые дыхания резервуара, поверхностно-активные вещества*

Увеличение потребления углеводородного сырья требует комплексного и рационального подхода к использованию ценного «невосполнимого» природного сырья, сокращения его технологических потерь и утилизации при сборе, подготовке и хранении на нефтегазодобыва-

ющих предприятиях. Небольшие доли процента потерь легких фракций могут в течение года составить миллионы тонн углеводородов. Достижение потенциала стабильной нефти позволит увеличить ее выход для месторождений Казахстана в среднем на 2,5..6,5%.



Рис. 1. Технологические потери нефти

Важной проблемой является загрязнение окружающей среды ископаемыми углеводородами.

Размещение основных месторождений нефти и газа в районах, удаленных от промышленно развитых регионов, диктует в свою очередь разработку простых и эффективных технологий сокращения технологических потерь и утилизации углеводородного сырья. Анализируя технологических потери и отходы производства можно утверждать, что сокращение потерь нефти только наполовину позволит удовлетворить потребности промышленности без дополнительного ввода в эксплуатацию новых месторождений нефти и газа.

Систематизация использования углеводородных ресурсов с учетом отдельных источников потерь и внедрения технологий по их предупреждению является актуальным как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Важным из показателей эффективного использования углеводородного сырья на месторождении является величина потерь нефти при ее промысловой подготовке к транспорту.

Кроме материальных потерь испарение нефти сопровождается ухудшением некоторых физико-химических свойств нефти и приводит к загрязнению окружающей среды. При испарении легких фракций углеводородов изменяются физические характеристики нефти: увеличивается плотность, утяжеляется фракционный состав и т.д. При испарении происходит вытеснение части паровоздушной смеси из газового пространства. В обычных условиях в резервуаре газовое пространство заполнено смесью воздуха с парами нефти. Поэтому, разработка и исследование способов и методов снижения потерь легких углеводородов при подготовке нефти являются одним из при-

оритетных направлений современной нефтяной науки и практики.

Ориентировочные подсчёты показывают, что потери нефти при перекачке составляют около 9% от добычи [1]. При этом в результате испарения из нефти уходит главным образом наиболее легкие компоненты, являющиеся основным и ценнейшим сырьём для нефтехимических производств.

Потери лёгких фракций приводят к ухудшению товарных качеств, понижению октанового числа, повышению температуры кипения.

Основные источники потерь — испарения в резервуарах:

1. Потери при опорожнении и заполнении резервуара, т.е. потери от «больших дыханий».

При выкачке нефтепродуктов из ёмкости в освобождающийся объём газового пространства (ГП) всасывается атмосферный воздух. При этом концентрация паров в ГП уменьшается и начинается испарение нефтепродукта. В момент окончания выкачки парциальное давление паров в ГП обычно бывает значительно меньше давления насыщенных паров при данной температуре. При последующем заполнении резервуара находящаяся в ГП паровоздушная смесь вытесняется из ёмкости. По удельному весу потери от «больших дыханий» составляют более 2/3 суммарных потерь испарения.

2. Потери от «малых дыханий»:

а) От суточного колебания температуры, а, следовательно, от парциального давления паров, вследствие чего изменяется и абсолютное давление в ГП резервуара. При достижении давления, превышающего необходимую величину для подъёма клапана, приподнимается тарелка клапана, и часть паровоздушной смеси выходит в атмосферу (получается как бы «выдох»). В ночное время суток ГП и поверхность нефтепродукта охлаждается, газ сжимается и происходит частичная конденсация паров нефтепродукта, давление в ГП падает, и как только вакуум в резервуаре достигает величины, равной расчётной, открывается вакуумный клапан и из атмосферы в резервуар начнёт поступать чистый воздух (получается как бы «вдох»).

б) От расширения паровоздушной смеси при понижении атмосферного давления, вследствие чего часть газа выйдет из резервуара.

Технологические потери нефти на месторождениях происходят в результате сжигания попутного нефтяного газа и капельной жидкости на факелах, при закачке нефтепромысловых сточных вод, содержащих нефтепродукты для поддержания пластового давления, в сальниковых уплотнениях нефтепромыслового оборудования, а также при испарении нефти из резервуаров. Величины технологических потерь нефти по месторождению составляет в пределах 0,4–0,7% от массы добытой нефти. Основная доля технологических потерь нефти приходится на испарение из сырьевых и товарных резервуаров при больших и малых «дыханиях», которые составляют более 90% от суммарных технологических потерь [2, 3].

Промысловые резервуары, работающие при низком давлении и используемые в качестве технологических емкостей и для хранения товарной нефти, являются наиболее активными источниками потерь нефти.

Согласно [3], на долю резервуаров в герметизированных системах сбора приходится 90,4% общих потерь, из них 85% связано с испарением нефти, а 5,4% — с кипением, вызванным выделением растворенного в ней газа.

Большие потери из резервуаров объясняются наличием контакта нефти с атмосферой, сравнительно высокой температурой, а также присутствием в нефти растворенного и окклюдируемого в ней газа.

Так, при температуре 30°C потери от испарения увеличиваются в среднем в 1,5 раза, при 40°C — в 4 раза.

Потери нефти при хранении в вертикальных стальных резервуарах в большей мере зависят от ее испаряемости. При содержании в нефти большой концентрации легких фракций, тем больше будет наблюдаться испаряемость и потери их при прочих равных условиях. Поэтому на последней ступени сепарации необходимо поддерживать высокую температуру, а давление в сепараторе — ниже атмосферного. Для борьбы с потерями нефти, хранящейся в резервуарах большого объема, рекомендуется применять плавающие крыши и понтоны, в которых газовое пространство сведено к минимуму.

Большая часть применяемых в настоящее время устройств для сокращения потерь нефти и нефтепродуктов потеряли актуальность. Изобретения устаревают морально и физически, по причине увеличения объемов перекачки нефти и нефтепродуктов и ужесточившихся экологических требований. Ко всему, они не способны обеспечить должный уровень сохранности хранимого продукта, что приводит к его безвозвратной потере и, как следствие, материальным убыткам.

В данное время присадки являются актуальными для применения при производстве топлив. Присадки являются веществами, которые добавляют в малых количествах к топливам и техническим маслам для повышения их эксплуатационных характеристик. В настоящее время в мире выпускается около 1,5 млн т присадок к топливам в год. На 95% — это присадки к автомобильным бензинам [4].

Применение комплексных присадок для снижения испаряемости нефти позволит: сохранить объем нефти, которая ранее терялась безвозвратно в связи с отсутствием современных эффективных средств для снижения испаряемости; получить дополнительную прибыль; улучшить экологическую обстановку и условия труда обслуживающего персонала; уменьшить пожароопасность нефтехранилищ, повысить срок службы резервуаров и т.д.

Известен ряд способов сокращения потерь нефти и нефтепродуктов от испарения при хранении их в резервуарах в нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, а именно предотвращение испарения нефти и нефтепродуктов при их хранении в резервуарах. Способ с вводом присадок $[C_nH_{2n+1}COO]_2Zn$ (где $n=10-16$) в концен-

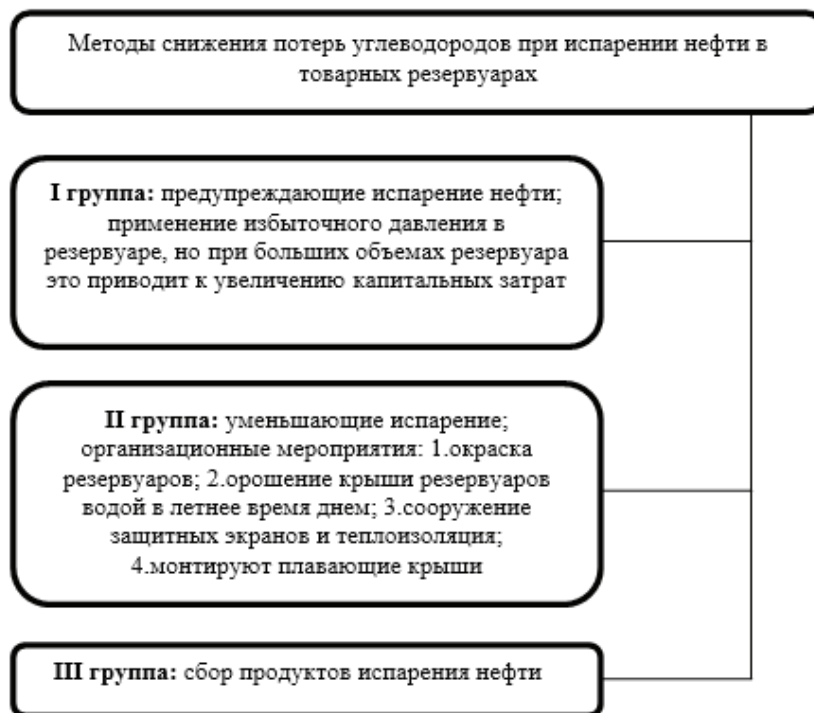


Рис. 2. Методы снижения потерь углеводородов

трации 0,000925–0,001% позволит снизить избыточное давление внутри резервуара и снизить потери лёгких углеводородов от испарения в резервуаре.

Еще один способ хранения и применения бензинов заключается во введении в бензин присадки $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COO}]_2\text{Ni}$, где $n=10-16$, в концентрации 0,000925–0,001%.

Присадка приводит к снижению потерь бензина, а также обладает низкой коррозионной активностью и токсичностью. Как видно из данных таблицы 1, снижение потерь от испарения бензина при введении $\text{C}_7\text{F}_{15}\text{CONHC}_3\text{H}_6\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{I}$ и $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COO}]_2\text{Ni}$ представляют собой величины одного порядка [5].

Таблица 1

Характеристики влияния присадок ПАВ (поверхностно-активных веществ) к бензину

Пример	Вводимое в бензин вещество	Концентрация вводимого в бензин вещества, %	Потери от испарения по методу Бударова, %
1	-----	0	4
2	$\text{C}_7\text{F}_{15}\text{CONHC}_3\text{H}_6\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{I}$	0,001	3,2
3	$[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COO}]_2\text{Ni}$	0,001	3,3

Все известные способы применения ПАВ были опробованы для бензиновых резервуаров, но не для нефтяных.

Основной недостаток подготовленного заранее ПАВ — высокая токсичность, которая обусловлена наличием в составе соединений фтора и хлора, что послужило основанием для запрета на производство четвертичных

аммониевых солей и подтверждается отсутствием этих солей в перечне продуктов переработки нефти.

Механизм взаимодействия растворов ПАВ с нефтью в резервуарах различных типов сложен и многогранен. Поэтому необходимы дальнейшие экспериментальные и промышленные исследования этой проблемы на современной научной основе.

Литература:

1. Фархан, М. М. Сокращение потерь лёгких углеводородов из нефти и бензина / М. М. Фархан, Н. В. Корзун // Известия вузов. Нефть и газ, 2011. — № 6. — с. 95–98.
2. Блинов, И. Г. Перспективные методы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения в резервуарах / И. Г. Блинов и [др.]. — М: ЦНИИТЭнефтехим. — 1990. — с. 97

3. Бронштейн, И. С. Технологические потери нефти в системах промышленного обустройства и пути их сокращения / И. С. Бронштейн, Б. М. Грошев, А. Ф. Гурьянов // Нефтепромысловое дело и транспорт нефти. — 1985. — № 8. — 21–24 с.
4. Коршак, А. А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов / А. А. Коршак. — Уфа: Дизайн. Полиграф. Сервис, 2006. — 192 с.
5. Фархан, М. М., Корзун Н. В. Влияние поверхностно-активных веществ на упругость паров бензина / М. М. Фархан, Н. В. Корзун // Известия вузов. Нефть и газ, 2012. — № 4. — с. 113–115.

14. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Упрочнение поверхностного слоя деталей машин виброударной обработкой

Бафоев Дустмурод Холмуродович, старший преподаватель
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В данной статье приведены материалы по упрочнению поверхностного слоя деталей машин виброударной обработкой.

Ключевые слова: *поверхностный слой, эксплуатационные свойства, пластические деформирования, виброударная обработка*

В условиях эксплуатации поверхностный слой детали подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию: механическому, тепловому, магнитоэлектрическому, световому, химическому и др. В большинстве случаев у детали начинают ухудшаться служебные свойства поверхности, например, износ, эрозия, кавитация, коррозия, усталостные трещины и другие разрушения развиваются вначале на поверхности. Поэтому к поверхностному слою предъявляются обычно более высокие требования, чем к основной массе детали.

Основными причинами возникновения микронапряжений являются неоднородность пластической деформации и локальный, неоднородный нагрев металла поверхностного слоя, а при наличии превращений — разность объемов возникающих структур. Микронапряжения — местные остаточные напряжения в микрizonaх. Они являются следствием фазовых превращений, изменения температуры, анизотропии механических свойств отдельных зерен, границ зерен и распада зерен на блоки при пластической деформации [1].

Причиной образования искажений кристаллической решетки являются, главным образом, дислокации и внедрение атомов.

Степень и глубина наклепа обусловлены пластической деформацией поверхностного слоя и непосредственно связаны с увеличением дислокаций, вакансий и других дефектов кристаллической решетки металла.

Как известно, при ударных методах рабочие тела или среда многократно воздействует на всю обрабатываемую поверхность или на ее часть, при этом сила воздействия P в каждом цикле изменяется от нуля или от некоторого значения P_1 до максимума, а в случае локального ударного воздействия очаг деформирования может последовательно и равномерно проходить всю обрабатываемую поверхность.

Необходимо учитывать, что обработка, основанная на пластическом деформировании тонкого поверхностного слоя, имеет по сравнению с обработкой точением, шли-

фованием, полированием, доводкой ряд преимуществ, в том числе:

- сохраняется целостность волокон металла и образуется мелкозернистая структура-текстура в поверхностном слое;
- отсутствует шаржирование обрабатываемой поверхности частичками шлифовальных кругов, полировочных паст;
- отсутствуют термические дефекты;
- стабильны процессы обработки, обеспечивающие стабильное качество поверхности;
- можно достигать минимального параметра шероховатости поверхности ($Ra = 0,1...0,5$ мкм и менее) как на термически необработанных сталях, цветных сплавах, так и на высокопрочных материалах, сохраняя исходную форму заготовок;
- можно уменьшить шероховатость поверхности в несколько раз за один рабочий ход;
- создается благоприятная форма микронеровностей с большей долей опорной площади;
- можно образовывать регулярные микрорельефы с заданной площадью углублений для задержания смазочного материала;
- создаются благоприятные сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое;
- плавно и стабильно повышается микротвердость поверхности [1].

Указанные и другие преимущества методов поверхностного пластического деформирования обеспечивают повышение износостойкости, сопротивления усталости, контактной выносливости и других эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей на 20–50%, а в некоторых случаях — в 2–3 раза (при условии выбора в каждом конкретном случае наиболее рационального метода и назначения оптимальных режимов обработки).

Вибрационная ударная (виброударная) обработка является разновидностью объемной вибрационной обработки. При виброударной обработке рабочей камере,

смонтированной на упругих подвесках и имеющей возможность колебаться в различных направлениях, сообщаются низкочастотные колебания — в большинстве случаев с помощью дебалансного вибратора. Вследствие вибраций рабочая среда и обрабатываемые детали имеют переменные по знаку ускорения и находятся в интенсивном относительном перемещении, совершая два вида движений: колебания с частотой, зависящей от частоты колебаний рабочей камеры, и круговые перемещения всей массы загрузки. Направление относительных перемещений детали и рабочих тел постоянно меняется, в результате чего между ними возникают соударения и усиленное трение.

В процессе обработки детали, размещенные без закрепления, занимают различное положение, что обеспечивает определенную равномерность их обработки. Однако сила ударного взаимодействия при закреплении деталей будет больше, чем при их свободном расположении, а детали массой более 2–2 кг необходимо обрабатывать только закрепленными (рис. 1), так как в противном случае происходит их соударение и повреждение поверхностей.

Виброударная обработка производится в результате множества микроударов и относительного скольжения с определенным давлением рабочих тел по поверхности обрабатываемой детали. Рабочие тела движутся с переменным ускорением, что обеспечивает их большую подвижность.

Виброударная обработка деталей основана на использовании двух- или трехкомпонентной вибрации, т.е. механических колебаний соответственно по двум и трем координатам.

Двухкомпонентная, т.е. плоскостная вибрация характеризуется тем, что каждая точка рабочей камеры совершает гармонические колебания в одной плоскости — вер-

тикальной, горизонтальной или наклонной. В наиболее распространенном случае траектория колебаний при этом имеет вид окружности или эллипса.

При трехкомпонентной, или объемной вибрации каждая точка рабочей камеры совершает гармонические колебания по пространственной замкнутой кривой с непрерывным изменением направления перемещений относительно выбранных осей координат. Траектория также имеет вид эллипса или окружности, они непрерывно изменяют свое угловое положение. Скорость и ускорения подвижной системы имеют три направления, поэтому такую вибрацию принято называть трехкомпонентной [2].

Применение объемной вибрации позволяет лучше обрабатывать труднодоступные места деталей сложной замкнутой формы. Подбирая рабочие тела с соответствующими физическими свойствами и размерами и регулируя режим вибраций, можно обеспечивать широкий диапазон решаемых задач по упрочнению деталей.

Вследствие высокой относительной подвижности рабочие тела хорошо вписываются в фасонную поверхность деталей, за счет чего этим методом можно упрочнять как наружные, так и внутренние поверхности сложных деталей различных размеров.

В то же время виброударная обработка по сравнению с другими методами поверхностного упрочнения обладает ограниченными энергетическими возможностями, так как виброобрабатывающие машины с достаточной для практического применения долговечностью работают при виброускорениях не более 15g и виброскоростях 1,0–1,2 м/с.

В силу ограниченных энергетических возможностей продолжительность упрочнения значительна (от 10–20 мин до нескольких часов), а вероятность перенаклепа деталей практически исключается.

Допустимые наклеп и остаточные напряжения сжатия при виброобработке зависят от способа загрузки де-

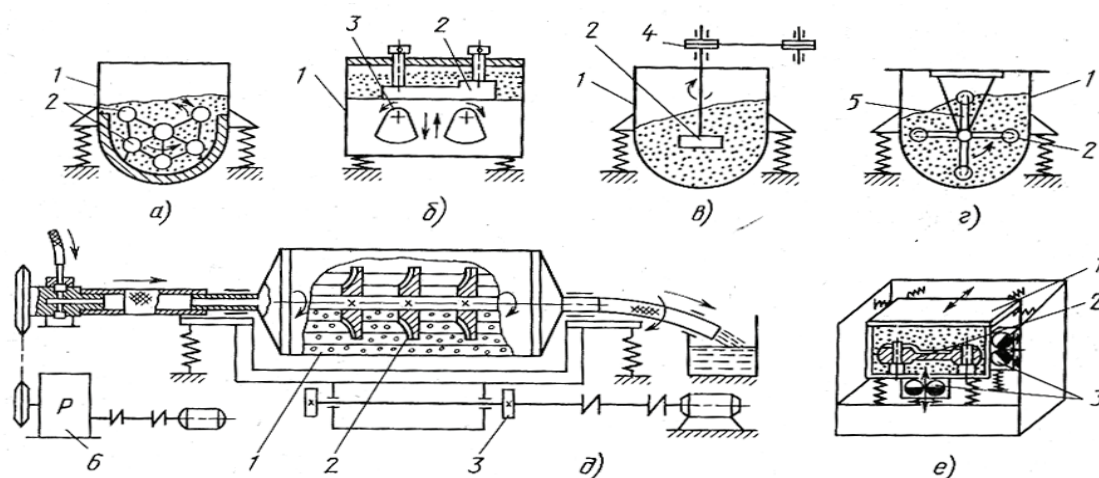


Рис. 1. Схема виброударной обработки деталей с закреплением в контейнере:

- 1 – контейнер; 2 – обрабатываемые детали, 3 – вибровозбудитель; 4 – привод вращения обрабатываемой детали;
5 – устройство, обеспечивающее самовращение детали;
6 – привод вращения контейнера с закрепленными в нем деталями

талей, состава и количества рабочих сред, направления действия траектории колебаний, параметров колебательного процесса и других факторов, изменяя которые, можно в определенных пределах управлять процессом упрочнения.

Интенсивность соударения рабочих тел с обрабатываемой деталью под действием колебаний зависит от разности Δv скоростей рабочих тел $v_{p.t}$ и деталей v_d :

$$\Delta v = v_{p.t} - v_d.$$

При обработке незакрепленных деталей последние перемещаются в рабочей камере вместе с рабочими телами по круговой траектории (см. рис. 1), при этом Δv имеет меньшее значение, чем при обработке закрепленных деталей.

Основные варианты обработки закрепленных деталей следующие: в контейнере обычного V-образного типа с помощью установочных опор и кассет (рис. 1, а); в специальных контейнерах коробчатого типа на специальных вибромашинах (рис. 1, б); на шпинделе с приводом его вращения от внешнего источника (рис. 1, в); на кронштейне специального механизма, обеспечивающем самовращение деталей (рис. 1, г); на оправке в контейнере, который принудительно вращают от внешнего привода (рис. 1, д); в контейнере специальной вибромашины с несколькими вибровозбудителями, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях и обеспечивающими объемный характер колебаний (рис. 1, е) [2].

Литература:

1. Повышение качества и надежности машин. Опыт уральских заводов/ С.Д. Волков и др. М. Машиностроение, 1974, 133с.
2. Л.Г. Одинцов “Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием”. Справочник, М., “Машиностроение”, 1987.

Плазменная наплавка, упрочнение и выбор способа восстановления деталей машин

Бафоев Дустмурод Холмуродович, старший преподаватель
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В данной статье приведены материалы по плазменной наплавке, упрочнению и выбору эффективного способа восстановления деталей технологических машин.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, способы восстановления, плазменная обработка, упрочнение

Понижение работоспособности технологических машин характеризуется систематическим появлением брака, уменьшением производительности, увеличением расхода электроэнергии, возникновением специфических шумов и пр. Износ деталей и их сочленений является причиной неполадок в машинах.

Закрепление детали или весь контейнер при плоскостной вибрации вращают для того, чтобы обеспечить равномерную обработку всей поверхности, так как в противном случае рабочие тела, свободно перемещаясь по окружности, будут интенсивно обрабатывать одну сторону деталей, а “теневая” (по ходу перемещения рабочих тел) сторона будет обрабатываться с меньшей интенсивностью.

Динамика виброударной обработки закрепленных деталей определяется взаимодействием рабочих тел со стенками (дном) контейнера и с закрепленными деталями. Колебание контейнера с ускорением, во много раз превышающим ускорение свободного падения, обеспечивает периодический отрыв рабочих тел от стенок (дна) контейнера, а также от закрепленных деталей и соударение с ними под различными углами. При соударении поверхности детали с массой рабочих тел под прямым углом происходит ударное взаимодействие, при этом продолжительность соприкосновения поверхности детали с рабочими телами увеличивается.

Сила ударного импульса частицы рабочей среды

$$P = \frac{mv^2}{2} 4 \frac{R}{r^2} \left(1 - \frac{3}{8} K^2\right)$$

где m — масса рабочей частицы; v — скорость соударения; R — радиус кривизны лунки отпечатка; r — радиус рабочей частицы; K — коэффициент, учитывающий потерю скорости при ударе [2].

Большинство металлических деталей ремонтируемых машин выбраковывают при уменьшении массы деталей на 1–2% в результате износа рабочей поверхности. В результате теряется много металла. Между тем, большинство изношенных деталей поддаются восстановлению и повторному использованию. Мало того, во многих слу-

чаях восстановленные детали оказываются более долговечными, чем новые [2].

Детали сочленения, потерявшие свои полезные качества (нарушение размеров, искажение формы, изменение зазоров, поверхностные повреждения, поломки и пр.), можно снова их использовать после их восстановления.

Восстановлению поддаётся любая деталь с любыми дефектами. Однако ремонтируют не все дефектные детали. Решающим здесь является экономический фактор. Чем деталь дороже, тем целесообразнее её восстанавливать. Исключение может быть сделано для деталей, которые по каким-либо причинам трудно изготовить (в частности, для импортного оборудования).

Основой ремонтного производства является восстановление деталей. От правильного выбора способа восстановления в значительной мере зависят технические и экономические показатели ремонта.

Плазменная обработка является одним из передовых методов восстановления и упрочнения деталей машин. В последнее время плазменную обработку все шире применяют для восстановления и упрочнения изношенных деталей. Высокотемпературный и сильно ионизированный газ, образующий плазму (аргон, азот), пропускают через узкий канал, в котором действует дуговой разряд между двумя электродами, из которых один не плавящийся (из вольфрама). Столб электрической дуги сжимается газом, что способствует подъёму его температуры до 16000–17000 °С и более. Благодаря тому, что в малом пространстве выделяется большое количество тепла, происходит ионизация плазмообразующего газа. Плазменную струю получают в специальной плазменной горелке, или, иначе, плазмотроне. Плазменной струе присуща не только высокая температура факела, но и концентрация большой тепловой мощности в малых объемах, благодаря чему участки перегрева в 3–5 раза меньше, чем при электродуговой сварке, и в 10–30 раз меньше, чем при газовой сварке [1].

В результате зоны термического влияния при плазменной обработке соответственно меньше, чем при электродуговой и газовой сварке, в 3–5 раз. Все это позволяет получить наплавленный слой толщиной от 0,1 мм до нескольких миллиметров.

Кроме указанных достоинств плазменная обработка имеет и другие. Плазменная струя может расплавить любой из известных материалов: применяемые газы — негорючи; процесс протекает с большой скоростью и производительностью и может выполняться в различных средах, в том числе и под водой. В качестве присадочного материала чаще всего используются тугоплавкая высокопрочная проволока (пруток) или порошок, обеспечивающие получение износостойких покрытий [2].

Присадочный материал вводят в поток плазмообразующего газа (порошок) через канал плазмотрона или за срезом его медного сопла, здесь он расплавляется и сжатым воздухом направляется на поверхность частицы, деформируется, взаимодействует и формируется в слой покрытия.

Установка для плазменной обработки состоит из плазмотрона, системы его электрообеспечения, подачи присадочного материала, управления, газоснабжения, водоохлаждения электродов и контроля.

На рис. 1 показана схема установки для плазменного напыления порошковым материалом.

Для плазменной наплавки выпускают установки УПУ-3Д и УМП-6, в состав которых входит плазмотрон ПП-25. Универсальная плазменная установка УПУ-3Д служит для нанесения износостойких и изоляционных покрытий из проволочного или порошкового материала. Толщина наносимого покрытия 0,1–2,0 мм, сила тока 300–400 А, напряжение 85–90 В. Наплавку ведут на прямой полярности. Электропитание осуществляется от преобразователей типа ПС-500, ПСО-500 и ИПН-160/600. Установка плазменного напыления УМП-6 предназначена для нанесения износостойких, жаростойких, электроизоляционных и других покрытий из металлических и керамических порошковых материалов. На этой установке детали покрывают такими материалами, как оксид алюминия, вольфрам, никельхромоборкремниевый (“самофлюсующийся”), и другими сплавами, обеспечивающими износостойкие покрытия [2].

Установку УМП-6 в необходимых случаях можно оснащать плазмотроном для нанесения покрытия на внутреннюю поверхность детали. Деталь, подлежащую плазменному наращиванию, очищают от загрязнения. Плазменное покрытие зачищают, а при необходимости шлифуют.

Восстановление изношенного вала плазменным напылением с последующим оплавлением (рис. 2) наиболее эффективно для таких валов, толщина покрытия которых должна быть в пределах 0,1–1,0 мм. Изношенный вал 8 напыляют плазмотроном 4, в сопло которого из питателя 3 по трубопроводу 7 поступает гранулированный порошок наносимого металла. Электрическая дуга возбуждается между вольфрамовым неплавящимся электродом и водоохлаждаемым каналом. Балластный реостат 2 включают в цепь источника электрического питания 1.

Восстановления ведут в две стадии: напыляют слой необходимой толщины, после чего подачу порошка прекращают и, приблизив плазмотрон к поверхности вала, оплавливают плазменной струёй напыленный слой. В результате получается весьма качественное покрытие с однородной структурой, повышенной прочностью и ровной поверхностью, часто не требующей последующей черновой механической обработки. Твёрдость покрытия довольно высокая. Так, нанося на изношенный вал слой из порошка сормайт и оплавливая его плазменной струёй, получают покрытие твёрдостью 45–60 HRC. В табл. 5 приведены данные о режимах плазмотронного напыления и оплавления.

Обычно для упрочнения трущуюся поверхность вала закаляют токами высокой частоты (ТВЧ) или газовым пламенем. Для применения ТВЧ требуется дорогое оборудование и индукторы для каждого размера и конфигурации

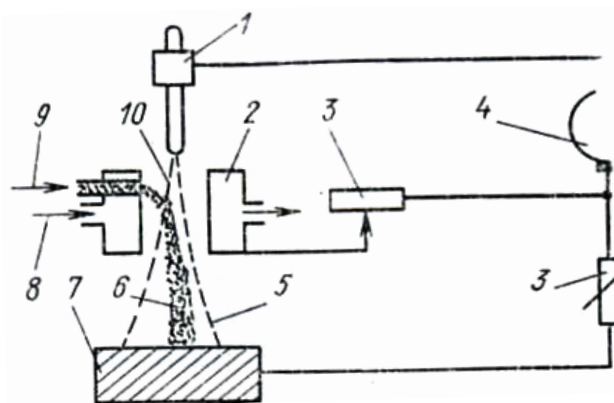


Рис. 1. Схема установки для плазменной наплавки порошковым материалом: 1 – вольфрамовый электрод; 2 – сопло плазмотрона; 3 – электросопротивление; 4 – источник электропитания; 5 – плазменная струя; 6 – плазменный факел; газ и частицы присадочного материала; 7 – восстанавливаемая деталь; 8 – система подачи воды для охлаждения электродов; 9 – газ, транспортирующий порошок; 10 – плазмообразующий газ

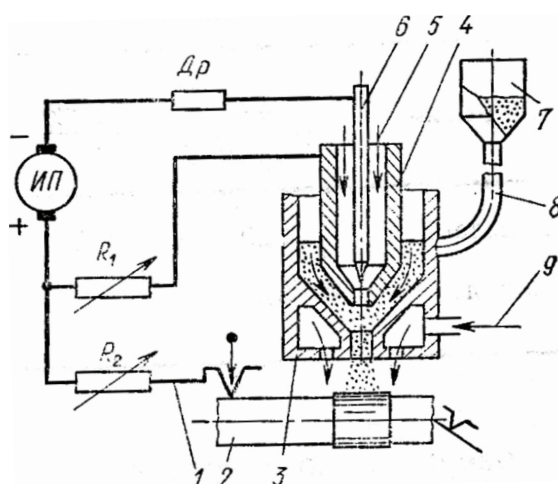


Рис. 2. Восстановление изношенных валов наплавкой: 1-станок; 2-восстанавливаемый вал; 3-наружное сопло плазмотрона; 4 – медное сопло; 5 – плазмо-образующий газ; 6 – вольфрамовый катод; 7 – питатель для подачи порошка; 8 – транспортирующий газ; 9-защитный газ; ИП – источник электрического питания; R1 и R2 – реостаты; Др – дроссель

вала. При применении газового пламени для поверхностного нагрева и закалки трудно контролировать и регулировать температуру и глубину закалки, поэтому наблюдается перегрев поверхностных слоёв вала. В этих условиях процесс трудно автоматизировать и даже механизировать.

Плазменное упрочнение вала поверхностной закалкой свободно от указанных недостатков, присущих другим способам. Плазменное поверхностное закачивание ведут по схеме, изображённой на рис. 3. Здесь используют плазмотрон 3, укрепленный на каретке станка. Ему придают продольное перемещение (слева направо). Упрочняемый вал 1, закрепленный в центрах станка, имеет вращательное движение. С плазмотроном на каретке укреплен разбрызгиватель воды 2, который перемещается вместе с плазмотроном, охлаждает и закаляет нагретую поверхность вала [2].

Современная технология позволяет восстановить любую деталь с любой неисправностью. Всё дело в том, насколько это экономически выгодно. В общем случае де-

таль выгодно восстанавливать, когда соблюдается следующее условие:

$$\frac{A}{t_A} \geq \frac{B}{t_B}$$

где A — затраты на изготовление новой детали; B — затраты на восстановление неисправной детали; t_A, t_B — срок службы соответственно новой и восстановленной деталей.

Затраты на восстановление неисправной детали

$$A_B = A_0 + K_B + A_M + M_P$$

где A_0 — остаточная стоимость восстанавливаемой детали; K_B — заработная плата рабочего (с начислениями), занятого восстановлением детали; A_M — затраты на материалы, расходуемые при восстановлении детали (например, электродов, проволоки и др.); M_P — накладные расходы (в долях от заработной платы рабочего), включающие в себя затраты, вызванные применением приспособлений, приборов, инструментов и др.

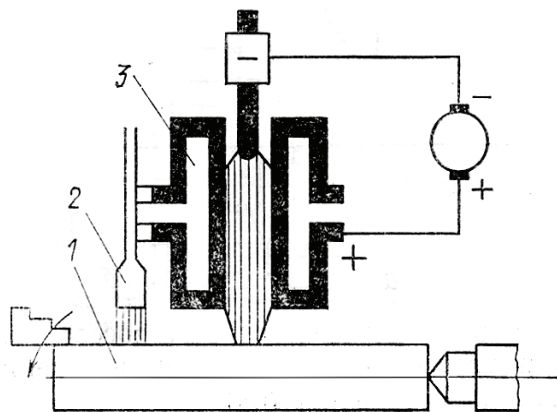


Рис. 3. Схема установки для упрочнения ремонтируемых валов плазменным способом:
1 – вал; 2 – разбрызгиватель воды; 3 – плазмотрон

Литература:

1. Малаховский, В.А. Плазменная сварка. М., 1987.
2. Худых, М.И. Ремонт текстильных машин. М., “Легпромбытгиздат”, 1991.

К вопросу определения методов модернизации электротехнологий производственных процессов на предприятиях АПК

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Стеновский Вячеслав Сергеевич, кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный аграрный университет

Дальнейшее устойчивое развитие сельскохозяйственного производства возможно за счет государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, грамотного формирования производственно-экономических отношений, эквивалентным обменом между городом и селом, систематическим использованием потенциала деревни в качестве инвестиционного и трудового донора для других отраслей народного хозяйства.

Важнейшей составляющей в решении данной задачи является повышение уровня механизации и электрификации технологических процессов сельскохозяйственного производства, а также применение современных технологий, достижений науки и техники [1].

Улучшение качества эксплуатации электрооборудования одна из главных задач на современном этапе сельского хозяйства. Поэтому среди мероприятий, обеспечивающих снижение интенсивности отказов электрооборудования, важное значение придается защите электроустановок при аварийных режимах, внедрению перспективной системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования и средств автоматизации.

Энергетическую базу сельского хозяйства составляют мобильная и стационарная тепло и электроэнергетика. Общая мощность электроустановок сельскохозяйственных потребителей составляет более сто миллионов киловатт. Применение электроэнергии для механизации

и автоматизации технологических процессов ведет к увеличению производительности, улучшению условий труда и снижению себестоимости продуктов животноводства.

Наряду с преобразованием электрической энергии в механическую, целесообразно применение электрического нагрева в сельском хозяйстве. Электрический нагрев обладает значительными техническими преимуществами перед другими видами нагрева, поскольку электронагревательные устройства и установки постоянно готовы к использованию, почти не требуют обслуживания, легко автоматизируются и обеспечивают высокое качество технологического процесса, часто недостижимое при огневом нагреве. По сравнению с огневыми, они уменьшают пожарную опасность, улучшают санитарные и гигиенические условия, имеют, как правило, меньшие габариты и металлоемкость, хорошо вписываются в систему электрифицированного сельскохозяйственного производства. Применение их в большинстве случаев экономически целесообразно, особенно при включении в провалы графиков электрических нагрузок с аккумулярованием теплоты.

Для обеспечения рациональных способов электро-теплоснабжения необходимы электронагревательные устройства, более полно отвечающие общетехническим и технологическим требованиям сельского хозяйства. Экономичности, безопасности, надежности в работе, воз-

возможности автоматического регулирования, простоты конструкции, стоимости оборудования, возможности ремонта в условиях мастерских хозяйства и обслуживания малоквалифицированным персоналом, обеспечения высоких санитарных требований и экологии [2].

Комплексная электрификация сельскохозяйственного производства предусматривает перевод на электроэнергетическую базу максимально возможного с технологической и экономической точек зрения, количества объектов и процессов сельскохозяйственного производства.

При этом должно быть обеспечено гармоничное сочетание прогрессивной технологии производства и автоматизированной системы электрифицированных машин, при рациональной организации труда и производства. Все это должно обеспечить повышение производительности труда, увеличение количества и повышение качества продукции сельского хозяйства, в данном случае фермы КРС.

Комплексная электрификация осуществима при наличии высокомеханизированных прогрессивных технологий, широкой автоматизации машин и установок, передовых форм организации труда и управления производством. Основой комплексной электрификации является всестороннее использование электрической энергии в силовых стационарных и мобильных процессах, тепловых процессах, для освещения и облучения, в системах обеспечения заданного микроклимата и процессах электротехнологии.

Электротехнология — это совокупность методов и приемов воздействия электрической энергии на технологические процессы с целью получения высококачественной продукции. Использование электротехнологий в сельском хозяйстве позволяет стимулировать развитие живых организмов, что дает возможность увеличить количество и улучшить качество продукции без расширения площадей и увеличения поголовья животных и птицы, защитить полезные растения от сорняков и вредителей, животных от болезней и таким образом повысить сохраняемость готовой продукции. Электротехнология предполагает использование электроэнергии при минимальных ее преобразованиях в технологическом процессе (часто без специальных рабочих органов).

Отличительная особенность использования электроэнергии в сельском хозяйстве — это электрофизическое воздействие различными методами на живые организмы с целью стимулировать регуляторные процессы, способствующие проявлению желаемой программы их развития. Поскольку все живые организмы возникли, развивались и функционируют благодаря взаимодействию внешних и внутренних факторов, большинство из которых имеет электромагнитную природу, при электрофизических воздействиях в них происходят сложные процессы, весьма чувствительные к различным дозам. Установлено, что относительно малые (стимулирующие) дозы могут существенно увеличить продуктивность живых организмов, в то время как большие (угнетающие) резко снижают ее, вызывая в отдельных случаях гибель этих организмов.

Использование электротехнологий в производственных процессах облегчает и ускоряет автоматизацию сельского хозяйства, так как всем электроустановкам присуще более гибкое управление энергией и технологическими режимами и для них имеется широкая номенклатура средств автоматики [3].

Значительное место в деле успешного развития комплексной электрификации играют вопросы правильного проектирования, то есть выбора наиболее экономически и технически совершенного варианта построения и функционирования данного объекта электрификации.

Основными технологическими процессами коровника являются: раздача кормов, поение животных, доение коров и первичная обработка молока, вентиляция и отопление коровника, удаление навоза, горячее водоснабжение.

Эти технологические процессы первостепенно влияют на количество и качество производимой продукции. Электрификация процессов животноводства отражается на их продуктивности, то есть ведет к увеличению, а также ведет к улучшению условий труда рабочих на ферме. Эти факторы являются одними из самых важных.

Особенности функционирования сельскохозяйственной отрасли связаны с тем, что в качестве объекта воздействия машинных технологий чаще всего выступают биологические объекты: почва, растение, животное. Это накладывает отпечатки на особенности потребления и распределения энергии, а также возможные энергетические источники. Структура теплоэнергетических ресурсов для сельского хозяйства помимо традиционных источников энергии — нефти, газа, электроэнергии; включает также солнечную энергию, энергию биологической массы, вторичные энергоресурсы.

Проблема энергосбережения в сельском хозяйстве включает последовательное решение трех задач: принятие и постепенная реализация организационно-экономических и нормативно-правовых мероприятий; внедрение энергосберегающих технологий широким использованием вторичных энергоресурсов; изменение машинных технологий с кардинальным снижением энергетических затрат.

Радикальным решением является использование нового технологического оборудования и процессов с меньшим потреблением электроэнергии, однако это требует больших разовых капиталовложений. Вместе с тем, существуют возможность постепенного снижения потребления энергии отдельными машинами и установками. Одной из таких возможностей является использование частотных регуляторов, которые используются для регулирования приводов насосов, вентиляторов, компрессоров и т.п. установок. Поскольку фактический расход воды, воздуха, газа и т.п. в какой-то момент времени может быть меньше номинального максимума, то этот фактический расход можно обеспечить с меньшей скоростью вращения двигателя. Учитывая, что мощность на валу двигателя уменьшается в кубической зависимости

от снижения частоты вращения, очевидна экономия электроэнергии с помощью частотно-регулируемого электропривода. Это обусловило широкое использование частотных регуляторов во всем мире.

В то же время существует другой тип установок, в которых частота вращения двигателя должна оставаться постоянной независимо от мощности, фактически используемой для выполнения полезной работы. Использование частотных регуляторов на таких установках не имеет смысла, и соответственно, невозможно достичь экономии путем регулирования частоты вращения. И все же эта проблема была успешно решена. В США был разработан новый тип регуляторов для экономии электроэнергии в установках подобного типа — так называемых регуляторов мощности.

Регуляторы мощности предназначены для экономии электроэнергии, потребляемой одно- и трехфазными асинхронными двигателями переменного тока. Принцип действия основан на том, что регулятор непрерывно оценивает величину нагрузки электродвигателя и определяет, когда двигатель потребляет больше энергии, чем требуется. Затем регулятор «вырезает» часть синусоиды подводимого к нему питания, чтобы подать на двигатель ровно столько энергии, сколько необходимо. Длительность «вырезанной» зоны обратно пропорциональна величине нагрузки электродвигателя. Ток, потребляемый двигателем, ограничивается до уровня, достаточного для текущей нагрузки и потери энергии, пропорциональные I^2R , устраняются. Многочисленные испытания и измерения в процессе эксплуатации показали, что применение регулятора мощности уменьшает потребление электроэнергии двигателем на 10...45% в зависимости от вида нагрузки и снижает температуру двигателя на 10...15°C, что продлевает

его ресурс примерно в 2 раза. В зависимости от мощности двигателя регуляторы делятся на три категории — РМ I, РМ II и РМ III. Модели РМ I рассчитаны на однофазные электродвигатели и/или устройства с ними, включаемые в обычные стеновые розетки и потребляющие не более 8А, 15А и 20А. Имеют вид сетевого адаптера в пластмассовом корпусе. Модели РМ II рассчитаны на однофазные электродвигатели и/или устройства с ними, потребляющие не более 35А и 60А. Модели РМ III предназначены для трехфазных электродвигателей и/или устройств с ними, потребляющих не более 15А, 30А, 40А, 60А, 120А, 250А и 500А.

Не стоит забывать и о том, что условия эксплуатации электроустановок в сельском хозяйстве значительно хуже, чем в промышленности. Это связано с наличием повышенной влажности, пыли, агрессивных паров и газов, разрушающих электрическую изоляцию. Наряду с необходимостью обеспечить электробезопасность людей требуется принимать меры для обеспечения электробезопасности животных [4].

Таким образом, подводя некоторые итоги, можно отметить, что для снижения себестоимости производства животноводческой продукции и повышения её конкурентоспособности необходимо направить усилия на устранение имеющихся недостатков на существующих животноводческих предприятиях и внедрение прогрессивных низкотратных технологий. В этих условиях реконструкция имеющихся объектов животноводческого комплекса представляется вполне рациональной, так как позволит снизить расходы по сравнению со строительством новых комплексов. Важную роль в этом может сыграть и модернизация электротехнологий производственных процессов и объектов предприятий АПК нашей страны.

Литература:

3. Организационно-экономические и технологические основы механизации и автоматизации животноводства [Текст] / [Н.М. Морозов]; М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, Федер. гос. бюджетное науч. учреждение «Российский науч.—исслед. ин-т информ. и технико-экономических исслед. по инженерно-техническому обеспечению агропром. комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»). — Москва: Росинформагротех, 2011. — 283 с.
4. Найденский, М.С Кузнецов А.Ф., и др., Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов. Учебник. — М: Колос, 2007. — 500 с.
5. Механизация, электрификация и автоматизация животноводства: учебник / Л.П. Карташов, А.И. Чугунов, А.А. Аверкиев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1997. — 368 с.
6. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., доп. — М.: Высшая школа, 2000. — 255 с.

The importance of telecommunication technologies in the preparation of future teachers of computer science at the university

Jurayev Nurmukhammad Mamatovich, senior teacher;
Abdullajonova Nurzoda Nurmaxamadovna, assistant
Tashkent University of Information Technologies Ferghana branch, Uzbekistan

The training of future teachers of computer science must meet the level of fast-developing information world. For students, the study of telecommunication technologies gives insight into the practical foundations of computer science.

To date, the development of society is hand in hand with the informatization. This process is reflected in all spheres of life and professional activity of people. The key features that inherent in today's information society are the following:

1. Information is one of the alternative resources and its effective use can partially reduce the need for conventional sources of materials.
2. Information becomes available to all and is used in any area of human activity, at all levels of production and management.
3. The use of high-technology with a lowest cost is increasing by reducing the consumption of raw materials and energy.
4. Despite the number of those involved in industrial and agricultural production significantly reduces, the efficiency of production increases through the use of the modern high-tech, robotic automation, and the emergence of more skilled workers.
5. There is a dynamics in economy through the creation of global networks and computer-aided manufacturing.
6. Expert knowledge and time are important for the development of national economies.
7. There is a growth in material investments into education, health, and environmental protection activities.

Informatization of the society implies informatization of education. The goal of informatization of education is «the global improvement of intellectual activity through the use of new information technologies (NIT), a radical increase in the efficiency and quality of training to the level achieved in the developed countries, i.e. the training of professionals with a new type of thinking that meets relevant requirements of the post-industrial society».

It is obvious that the modern teacher of computer science in the conditions of global communication and information must have fundamental knowledge on computer science and computing techniques, telecommunication technologies, and the ability to apply their knowledge in their future career.

The rapid development of information technologies has a significant impact on educational structures. On the one hand, education provides with new opportunities, on the other hand, education is designed to prepare a new generation for a successful and productive activity in the information world.

Taking into account the content of professional activity of the teacher of computer science in the conditions of a signifi-

cant change in the structure and content of learning computer science at schools, development of special courses related to the study of NIT, and the increase of their use in the educational process, one may conclude about a significant increase in the role of the training of the future teacher of computer science in the field of information technologies and telecommunication systems. Nowadays, students and future teachers of computer science can not be satisfied with only superficial knowledge about the functioning of the computers and telecommunication systems.

It may be noted that the development of information technologies primarily concerns the development of telecommunication technologies. Future teachers must well orientate themselves taking into account the new realities of the information world.

WEB technologies are one of the most advanced telecommunication technologies, whereas Internet technologies, in general, make up a larger part of the modern information technologies. The teachers of computer science should have enough knowledge about their functioning, since it affects a significant part of the modern practical use of computer science.

The training of teachers of computer science at the pedagogical institute should include the following:

1. Telecommunication technologies and various options of their application:
 - a) the source of information and opportunity to find material to solve various tasks;
 - b) organization of teleconferences;
 - c) development of telecommunication projects and their application at schools and in promotion campaigns of schools.
2. Multimedia technologies and their use in various areas of school activity.
3. WEB programming for effective interaction between network users within the school and beyond.
4. Object-based programming for the creation of software that can be used in various spheres of activity of the school.
5. The use of educational software in the educational process.
6. Publishing systems that can provide schools with printed materials.

Knowledge and use of telecommunication technologies by teachers in their professional activities allow:

- increasing the quality of educational process;

- providing broad opportunities for self-education and e-learning;
- access to a variety of new sources of information with various content and forms.

Using these opportunities, the teachers can more effectively allocate their time, individually work with students, organize research activity on students and develop their creative abilities.

References:

1. Abdeev R.F. "Philosophy of information civilization". — M.: VLADOS, 1994. — 336 p.
2. Kolin K.K. "Education at the threshold of the XXI century" // Collection of research papers. «Social computer science — 98». M.: Institute of Sociology and Technology. 1998.
3. Nimatullaev M. M. Preparation of teachers of computer science to use web-technologies at the pedagogical institute. Dissertation. Candidate of pedagogic science — M, 2002—182 p.

Анализ и выбор тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645РУ5

Резниченко Никита Евгеньевич, магистр

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В докладе описывается выбор таких тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645РУ5, которые за наименьшее количество времени будут обнаруживать наибольшее число дефектов в работе микросхемы.

Ключевые слова: алгоритмы, функциональный контроль, алгоритмические функциональные тесты, СОЗУ, неисправность

Процесс разработки, производства и эксплуатации интегральных микросхем (далее ИМС) и полупроводниковых приборов сопровождаются большим числом контрольно-измерительных операций. Контроль и измерение электрических параметров микросхем — сложный процесс, который требует специально разработанной технологии, оборудования, соблюдения определенных условий и специально обученного персонала. Таким образом, обеспечение контроля изделий — актуальная проблема для производителей микроэлектроники.

Правильное функционирование запоминающих устройств проверяется с помощью контроля статических и динамических параметров при помощи алгоритмических функциональных тестов. К требованиям при анализе, выборе и разработке алгоритмических функциональных тестов относят:

- достоверность результата и полноту контроля;
- ограниченность по времени.

В наши дни острой проблемой является тестирование интегральных микросхем памяти. Для полной проверки микросхемы необходимо перебрать все 2^N возможных состояния запоминающего устройства, где N — число ячеек или адресов тестируемой памяти, но для этого потребуется слишком много времени. Так, например, для тестирования запоминающего устройства емкостью $8 \times 128\text{К}$ при времени цикла записи и считывания 40 нс требуется 19 часов. Такой вид проверки использовать нельзя, так как конечная стоимость микросхемы будет очень дорогой.

В настоящее время функциональный контроль запоминающих устройств проводят с помощью специальных тестовых алгоритмов. К таким алгоритмам относят: Checkerboards, GalPat, GalCol, GalRow, Walking 1/0, Sliding Diagonal, Butterfly, ATS, MATS, Mach. Все эти алгоритмы можно разделить на следующие группы:

- Линейные алгоритмы (N) используют для предварительного контроля на отсутствие катастрофических неисправностей. К основным тестовым алгоритмам можно отнести: «Шахматный код», «Запись — считывание в прямом и обратном направлениях», «March».
- Квадратичные алгоритмы (N^2) применяют для контроля функционирования ЗУ всех типов и обнаружения динамических и статических неисправностей. К основным тестовым алгоритмам можно отнести: «WalPat», «GalPat», «GalRow», «GalCol».
- Промежуточные алгоритмы ($N^{3/2}$) являются компромиссом между длительностью и достоверностью. К основным тестовым алгоритмам можно отнести: «Бегущий столбец», «Бегущая строка», «Диагонали».

Но не все тестовые алгоритмы выгодно применять для тестирования различных видов запоминающих устройств. Так, например, время выполнения алгоритма GalPat для микросхемы статического оперативного запоминающего устройства 1645РУ5 (информационная емкость 4М с организацией 512К слов по 8 бит) фирмы «Миландр» составит:

$$T = T_c * (4 * N^2 + 6 * N) = 30 * 10^{-9} * (4 * 524288^2 + 6 * 524288) \approx 9 \text{ часов},$$

где T_c — время цикла записи или чтения.

Перед выбором тестовых алгоритмов необходимо изучить спецификации и топологию на микросхему. Изучить основные особенности тестируемой микросхемы область ее работоспособности и возможные функциональные отказы. И по результатам полученных сведений выбирать и составлять необходимые тестовые алгоритмы.

Эффективность функционального контроля во многом зависит от степени значения возможных функциональных отказов для определённого типа интегральных микросхем, зависящих от дефектов и отклонений параметров технологического процесса на отдельных этапах производства, топологии интегральных микросхем, изменения условий эксплуатации. Относительно просто обнаружить нефункционирующую схему, которая имеет полный отказ. Значительно труднее обнаружить такие отказы, которые обусловлены изменением характеристик интегральных микросхем: температуры окружающей среды, напряжения питания, временных соотношений входных сигналов.

Таким образом, одной из проблем решаемой при выполнении исследовательской работы является анализ и выбор оптимальных тестовых алгоритмов для СОЗУ 1645РУ5, которые за наименьшее количество времени будут отбраковывать наибольшее количество неисправных микросхем.

После анализа были выбраны следующие тестовые алгоритмы:

«Шахматный код» ($2N$ — количество циклов теста) — тест обнаруживает очень грубые неисправности в работе тестируемой микросхемы.

Время выполнения теста составляет:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 252 \text{ мс;}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 168 \text{ мс.}$$

где t_c — время выполнения 1-го цикла записи или чтения.

«March C» ($10N$) — особенностью этого тестового алгоритма является способность обнаружения неисправностей в связи двух ячеек. «March C», как и «Шахматный код» выполняются за малое время.

Время выполнения теста составляет:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 1,25 \text{ с;}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 839 \text{ мс.}$$

«March RAW» ($26N$) — тест способен обнаруживать неисправности в работе дешифратора адресов, связи двух ячеек матрицы памяти и ошибки связанные с одиночными ячейками. «March RAW» — это один из самых современных тестовых алгоритмов из целой серии тестов «March».

Время выполнения теста составляет:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 3,27 \text{ с;}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 2,73 \text{ с.}$$

«GalRow» ($6N + 4NR$, где R — количество строк матрицы памяти) — выбор этого теста обусловлен его способностью обнаружить неисправности в ячейках, возникающих при некотором состоянии других ячеек близких к ней. Алгоритм занимает достаточно большое время и поэтому выполняется последним.

Время выполнения теста составляет:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 8,15 \text{ с;}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 6,78 \text{ с.}$$

15. САПР И ГРАФИКА

Новые возможности САПР за счет применения решений в области имитации естественного освещения

Величкин Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Ульянов Роман Сергеевич, аспирант;

Шиколенко Илья Андреевич, аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

В статье рассмотрены возможности расширения традиционных подходов к проектированию систем искусственного освещения с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР) за счет применения некоторых разработок, относящихся к концепции имитации естественного освещения (квази-естественного освещения). В частности, в данной статье рассмотрены возможность автоматизированной оценки степени оценки способности управляемых источников искусственного света имитировать естественное освещение, а также возможность автоматизированной расстановки светильников в помещении на основании мобильного программно-аппаратного комплекса (ПАК) диагностики и управления системами искусственного освещения. В данной статье рассмотрены концептуальные предложения, планируемые в дальнейшем к реализации в рамках научной работы коллектива авторов статьи.

Ключевые слова: автоматизированная оценка, спектральная характеристика, СИД, квази-естественное освещение, САПР, проектирование

Введение. Развитие технологий в области светотехники и систем управления привело к появлению качественно новых тенденций в области организации искусственного освещения. Благодаря активному внедрению светодиодных источников света с управляемым спектром излучения стало возможным перейти от акцентов на энергоэффективности освещения к акцентам его воздействия на организм человека. Так, например, в странах Европейского союза постепенно начинают внедряться системы человеко-ориентированного освещения [1], суть которого сводится в создании максимально благоприятной световой среды соответствующей функциональной деятельности человека (например, периоды отдыха и активной трудовой деятельности). Данный вопрос является актуальным в настоящее время проводятся различные исследования, направленные на подтверждение или опровержение гипотезы о воздействии освещения на жизнедеятельность человека [2,3]. Учитывая важность естественного освещения, отсутствие или частичная денатурация которого могут существенно снижать производительность труда [4, с. 889–896] и мягкость европейских норм в области организации системы освещения, не требующих явного наличия естественного освещения [5], необходимость качественной имитации естественного излучения искусственным освещением становится очевидной, даже не смотря на то, что в нашей стране пока нет ярко выраженных посылок к исключению требований об обязательной необходимости естественного освещения в по-

мещениях с постоянным пребыванием людей [6]. Тем не менее в настоящее время можно констатировать отсутствие широкого практического интереса к разработке подобных систем, и как следствие отсутствие на рынке популярных программных продуктов САПР обладающей функционалом оценки качества имитации естественного освещения искусственными источниками света [7]. В целях подготовки базисной платформы для применения и внедрения указанных систем, коллективом авторов статьи проводится соответствующий цикл исследований. В данной работе будут рассмотрены вопросы возможного расширения функционала САПР с учетом применения некоторых положений концепции об имитации естественного освещения.

Возможность оценки качества имитации естественного освещения в помещении без источников естественного света. В предшествующих публикациях были рассмотрены вопросы, перспективы применения и оценка адекватности имитации естественного освещения системами имитации естественного освещения в помещениях [8]. На основании проведенных исследований были выявлены некоторые предварительные алгоритмы, позволяющие проводить оценку источников света на степень адекватности имитации освещения. Следующим рациональным шагом может стать применение полученных результатов оценки источников света, для автоматизированной оценки степени имитации естественного освещения источниками света, расположенными в поме-

щении. В настоящее время широко применяются методы расчета освещенности и ее наглядной визуализации, которые можно получить с помощью различных программных комплексов и отобразить на планах помещений, например в виде изолиний, как показано на рисунке 1. С другой стороны если заменить показатели светового потока на коэффициент адекватности имитации естественного освещения осветительного прибора (далее ke),

и провести расчет методами аналогичными расчету освещенности (например, точечным методом), то можно с помощью САПР получить изолинии с соответствующими параметрами ke для помещений. В качестве потенциальной платформы САПР возможно рассмотреть Naposad благодаря наличию технологии MultiCAD.NET API [10], что должно обеспечить удобство разработки и переносимость программных библиотек на другие популярные САПР.

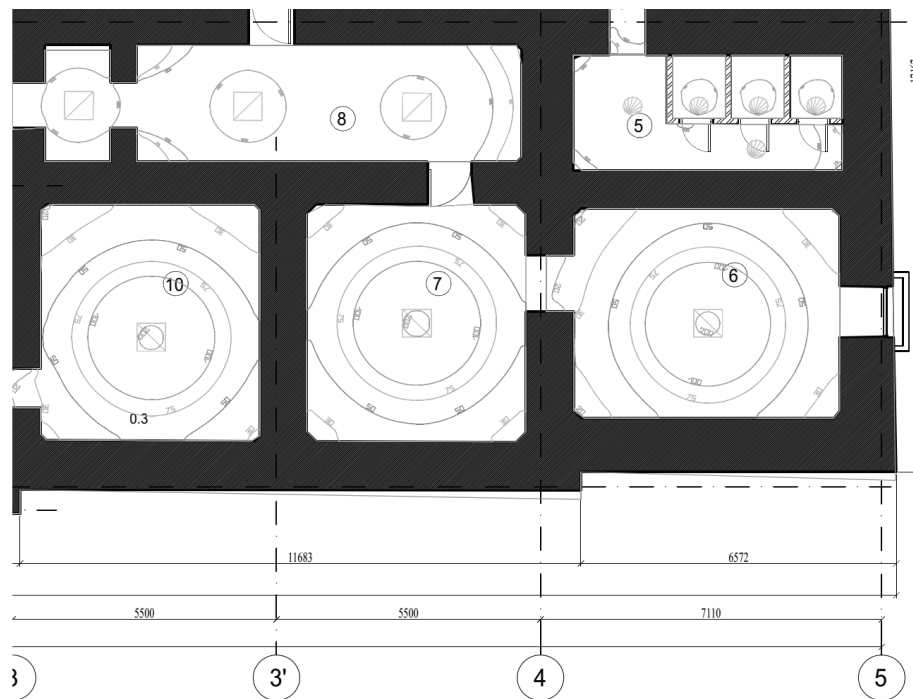


Рис. 1. План помещения с изолиниями освещенности

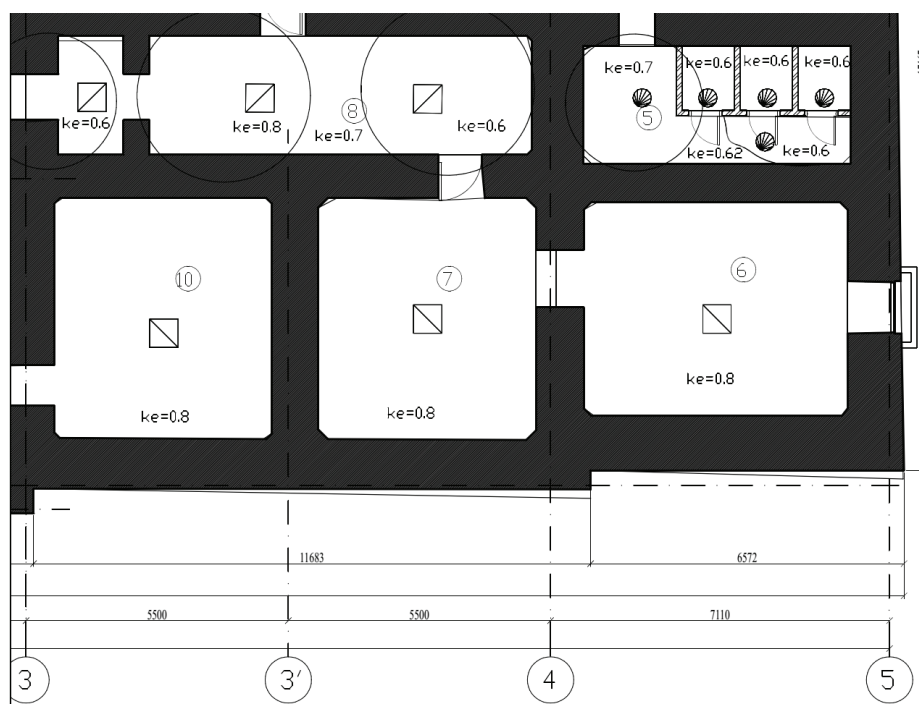


Рис. 2. План помещения с изолиниями ke

Возможность автоматизированной расстановки светильников. Другой возможностью расширения САПР могло бы стать применение решений, позволяющих организовать замкнутый цикл от этапа проектирования до подготовки эксплуатационной документации [11]. В рамках данного решения предполагается применения специальных диагностических комплексов [12], информация от которых могла бы поступать на центральный сервер и впоследствии служить источником данных для автоматизированной раз-

работки или корректировки рабочей, или эксплуатационной документации. Предположительно это могло бы быть реализовано следующим образом: оператор выбирает помещение, вводит команду (рисунок 3 слева), после чего система на основании данных обследования предлагает вариант автоматизированной расстановки светильников в помещении (рисунок 3 справа) выполненный с применением алгоритмов нечеткой логики и сведений о состоянии спектральных характеристик освещения в помещении.

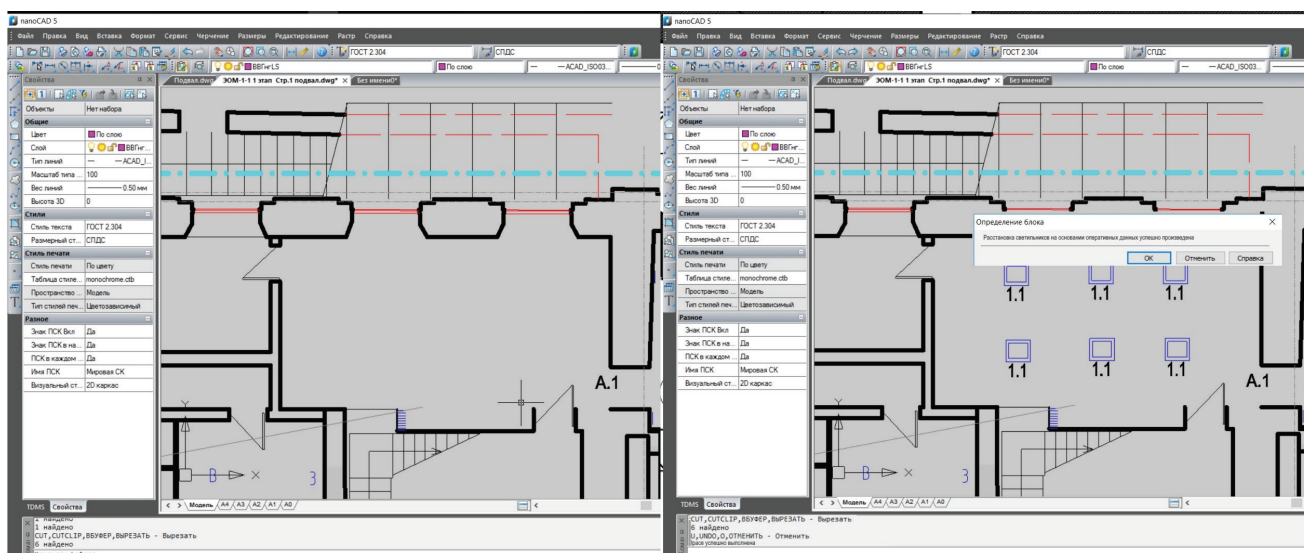


Рис. 3. План помещения до ввода команды по автоматической расстановке светильников (слева), после отработки команды (справа)

Заключение. Несмотря на то, что в силу сложившихся экономических условий в настоящее время разработка соответствующих САПР не носит ярко выраженного практического характера, учитывая текущие тенденции к применению управляемого освещения, с учетом развития на

ближайшую перспективу целесообразно дальнейшее проведение исследований и технических разработок способных в будущем с одной стороны упростить процессы проектирования указанных систем, а с другой стороны привести к их более активному применению на рынке систем освещения.

Литература:

1. Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency [Электронный ресурс] // lightingeurope.org Publications — 2013. URL: <https://goo.gl/1Ln4Vj> (дата обращения: 18.09.2016).
2. Исследование влияния цветовой температуры светодиодных источников света на работоспособность и психоэмоциональное состояние человека [Электронный ресурс] / Световые технологии // 2015 URL: <http://itcompany.com/media/uploads/2015/09/10/bdjnhq.pdf> (дата обращения: 30.10.2016).
3. Бокова Ольга Романовна, Гизингер Оксана Анатольевна Стратегии исследований в области безопасности освещения // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2012. № 37 (296) С. 26–29.
4. Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/n/strategii-issledovaniy-v-oblasti-bezopasnosti-osvescheniya#ixzz4OaGshPYp>
5. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — 950 с.
6. Отечественный и зарубежный опыт гигиенического нормирования факторов производственной среды: отчет о НИР / ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России. — Москва, 2013. — 48 с. 14–17
7. PN-EN12464–1 Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny, — 2012. — 55 с.
8. Ульянов, Р.С. Актуальность разработки автоматизированной методики оценки соответствия излучения светодиодных источников света для применения в системах квазиестественного освещения [Текст] // Технические

- науки: проблемы и перспективы: материалы III междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). — СПб.: Свое издательство, 2015. — С. 46–49.
9. Завьялов, В. А. Системы имитации естественного освещения в помещениях, перспективы их применения и оценка адекватности имитации. / В. А. Завьялов, Р. С. Ульянов, И. А. Шиколенко // Научное обозрение. — 2016. — № 11. — С. 8–11.
 10. Creating custom entities in CAD with MultiCAD.NET API [Электронный ресурс] // NanoCAD API blog — 2014. URL: <http://developer.nanocad.com/blog/2014/03/27/creating-custom-entities-in-cad-with-multicad-net-api/> (дата обращения: 28.10.2016).
 11. Bekker Yu. L. Using Bim Technologies At Key Stages Of Life Cycles Of Natural Light Emulation Systems As A New Qualitative Approach To Organization Of Indoors Lighting / Yu. L. Bekker, R. S. Ulianov, V. A. Zavalov I. A. Shikolenko // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) 2015. — vol. 10 (No. 20) — pp. 40830–40833
 12. Завьялов, В. А. Перспективы применения автоматизированного комплекса управления и диагностики систем управляемого освещения. / В. А. Завьялов, Р. С. Ульянов, Р. О. Чернов, И. А. Шиколенко // Научное обозрение. — 2016. — № 1. — С. 37–41.

16. НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Влияние удобрений на питательный режим почвы и урожайность хлопчатника

Кулиев Курбангельды, преподаватель;

Шаммедов Мердан Назарович, преподаватель

Туркменский сельскохозяйственный университет им. С.А. Ниязова (г. Ашхабад)

Содержание статьи посвящено мероприятиям, проводимых в сельскохозяйственном производстве, требованиям по усовершенствованию системы обработки различных видов почв, в частности, механизированной уборке стеблей хлопчатника, применению новых рациональных технологий и средств, способствующих повышению плодородия пахотного слоя и урожайности хлопчатника. Выявление экономичных и энергосберегающих методов повышающих органическую часть почвы.

Ключевые слова: хлопчатник, измельчитель стеблей, стебли хлопчатника, технологические схемы, урожай

Influence of fertilizers on the nutritious mode of soil and productivity of the cotton

Article content is devoted the measures, spent in agriculture production, to requirements on improvement of system of processing of various kinds of soils, in particular, to mechanical harvesting of cotton stalks, application of new rational technologies and the means promoting increase of fertility of an arable layer and productivity of a cotton. Revealing of economic and power saving up methods raising an organic part of soil.

Keywords: cotton, grinder, cotton stalks, technological schemes, crop

Чтобы обеспечить планируемое среднегодовое производство хлопка-волокна с минимальными издержками требуется комплексная механизация хлопководства, важное звено которой — механизация уборки стеблей хлопчатника.

Большую часть стеблей в целом виде запахивают. При этом снижается производительность и качество пахоты. Не перегнившие за зиму целые стебли отрицательно влияют на качество весеннего чизелевания, боронования, сева и междурядных обработок, чтобы избежать этого, весной собирают неперегнившие стебли вручную и удаляют с поля. К тому же запахка зараженных гоммозом, вилом стеблей провоцирует заболевания растений.

На полях, не пораженных вилом и другими болезнями, где соблюдаются севообороты, запахка измельченных стеблей хлопчатника в сочетании с внесением минеральных удобрений при глубокой заделке способствует повышению урожайности до 4,0 ц/га, при этом значительно ускоряется подготовка полей к зяблевой вспашке.

Хлопчатник (*Gossypium*) относится к роду *Gossypium*, к семейству Мальвовые (*Malvaceae*). Этот род вклю-

чает много видов, из них в культуре используют два вида: хлопчатник обыкновенный, или мексиканский (средневолокнистый) *Gossypium hirsutum*, и хлопчатник перуанский (тонковолокнистый), *Gossypium peruvianum*. Хлопчатник — многолетнее растение, но возделывается как однолетняя культура.

Хлопчатник — ведущая сельскохозяйственная культура, занимающая 35–40% орошаемых земель, играет важную роль в экономике страны. В мировом потреблении прядильных материалов хлопковое волокно занимает первое место. Из 1 т хлопка-сырца получается около 320 кг волокна, 650 кг семян и 1 кг короткого волокна. Волокно служит сырьем для текстильной промышленности. Из 1 кг хлопкового волокна можно выработать 20 м бельевой ткани, или 14 м колленкора, 12 м ситца, 8 м простынного полотна, 150 катушек швейных ниток. Семена хлопчатника содержат 18–27% масла, которое используется в пищу, в мыловарении, в производстве глицерина, стеарина, олифы и т.д., а жмых — в качестве высокобелкового корма для скота. Кожура семян используется для производства бумаги, изоляционных материалов, этилового и метилового спирта, целлюлозы и др. Из

1 т хлопка-сырца получают 320–340 кг волокна и 560–680 кг семян. Из этого количества волокна можно произвести 3500–4000 м² ткани, а из семян — 112 кг масла, 270 кг жмыха, 170 кг шелухи и 8 кг линта (короткое волокно-подпушек).

Хлопчатник возделывают в тропической и субтропической зонах. Посевные площади его в мире составляют около 32 млн га. К основным хлопководящим странам мира относят Индию, Китай, США, Бразилию, Пакистан и страны Средней Азии.

Выход волокна из хлопка-сырца составляет в среднем 33–35%. Урожайность хлопка-сырца в Средней Азии, составляет 2,5–2,7 т/га, а в лучших хозяйствах получают 4 т/га и более.

Для формирования 1 т хлопка-сырца вместе со всей вегетативной массой хлопчатнику требуется в среднем, кг: азота-50..60, фосфора-10..15, калия-50..60, кальция-50. Недостаток азота вызывает мелколистность и желто-зеленую окраску, растения становятся низкорослыми,

формируют мало коробочек. Избыток азота способствует усилению вегетативного роста, созревание затягивается. Недостаток фосфора вызывает низкорослость и слабое развитие корневой системы, на листьях появляются красные жилки, задерживается развитие коробочек, снижается качество урожая. При недостатке калия на листьях появляются бурые пятна, листья скручиваются и осыпаются. Усиливается заболеваемость вилтом, снижается качество урожая.

На формирование урожая хлопчатник потребляет большое количество питательных веществ. Применяют минеральные и органические удобрения, однако органику рекомендуется вносить только на 3–4-й годы после распашки люцерны — по 30..40 т навоза на 1 га.

Лучшее действие оказывает совместное внесение удобрений в соотношении между азотом, фосфором и калием 1:0,7:0,5. В таблице 1 описывается значение питательных элементов, а также возможность определения дефицита по внешним признакам растения.

Таблица 1

Признаки дефицита отдельных элементов питания хлопчатника

Элемент	Признаки дефицита
Азот	Слабое развитие растений. Листовая поверхность маленькая, цвет листьев светло-зеленый и даже желтый, преждевременное опадение листьев и созревание
Фосфор	Плохо растет, имеет вид карликовых растений с темно-зелеными листьями
Калий	Плохо растет, листья с коричневыми пятнами, скручиваются, высыхают, и опадают
Микроэлементы. Ускоряют биохимические реакции, участвуют во всех реакциях синтеза, распада и обмена органических веществ, способствуют повышению урожайности и его качества	
Магний	Задержка прохождения фаз развития; желтая, красная или фиолетовая окраска листьев между крупными жилками
Сера	Хлороз, усиление деревянистости листьев, а также черешков
Железо	Хлороз верхних молодых листьев
Бор	Приостановка роста, изменение формы центральных листьев
Марганец	Пожелтение листьев и появление на них полос

Годовая норма удобрений и их соотношение при внесении зависят от степени плодородия почвы, обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием и величины планируемого урожая. Корректируется норма удобрений в зависимости от содержания в почве питательных элементов.

В начале развития хлопчатник хорошо отзывается на усиленное фосфорное питание, большую потребность в фосфоре растения испытывают и в период цветения. Так как фосфорные удобрения в почве очень скоро переходят в нерастворимые формы и с водой почти не передвигаются, их нужно вносить глубже и в те слои, где находится главная масса корней растений. Исходя из потребности хлопчатника в фосфоре в раннем возрасте и превращений его в почве, основную часть фосфорных удобрений вносят под зяблевую вспашку.

Азот хлопчатник потребляет наиболее усиленно в период бутонизации и цветения, поэтому большую часть

азотных удобрений вносят в эти сроки. Недостаток азота в первый период развития и поздние азотные подкормки задерживают созревание в среднем на 8–10 дней.

Калийные удобрения вносят в период бутонизации, в случае необходимости повышенных доз удобрений — половину вносят до сева, а половину — в подкормки.

При севе минеральные удобрения вносят в почву механизировано на расстоянии 4–6 см сбоку посевного ряда и на глубину 4–5 см ниже заделки семян. В начале бутонизации — на 15–18 см сбоку ряда, в начале цветения — на 25 см сбоку ряда и последние 2 подкормки — на 3–5 см ниже дна борозды.

Органические или местные удобрения — продукты растительного и животного происхождения — навоз, навозная жижа, компосты, торф и другие, из которых навоз является наиболее ценным органическим удобрением.

Навоз лучше вносить под зяблевую вспашку совместно с фосфорными удобрениями. После вывозки навоза на

поле и разбрасывания, нельзя оставлять его незапаханным ни на один день даже в кучах, так как при этом улетучива-

ется большое количество азота. При отсутствии специального навозоразбрасывателя навоз вносят вручную.

Таблица 2

Содержание NPK в местных удобрениях

Удобрения	В кг на 1 т		
	азот	фосфор	калий
Хлопковый жмых	66	28	16
Птичий помет сухой	34	16	8
Навоз овечий сухой	16	5	14
влажный	8	2.5	7
Навоз конский	5	2.5	6
коровий	4	2.5	5
Зола стеблей хлопчатника	-	80	30
Экскременты червей шелкопряда (сухие)	50	10	-

Из вышесказанного можно сделать выводы, что использование измельчённых стеблей хлопчатника в сочетании с внесением минеральных удобрений, является самым экономичным и энергосберегающим методом повышения органической части почвы.

Стебли хлопчатника в процессе гумификации повышает содержание гумуса в почве и улучшает водно-физические свойства. Азота, фосфора и калия в стеблях хлопчатника в 2 раза больше чем в навозе, наряду с этим в стеблях хлопчатника имеются многие другие макро и микроэлементы.

Ещё в 1913 году Р.Р.Шредер, получив прибавку урожая на 20% от внесения измельченных стеблей хлопчатника, назвал хлопчатник «счастливым» растением, которое само приготавливает для себя удобрение. Надо иметь в виду, внесение измельченных стеблей хлопчатника и других растительных остатков не заменяет ми-

неральные удобрения, а способствуют созданию благоприятных водно-физических свойств и оптимальности условий лучшего роста и развития растений, тем самым, обеспечивая получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Анализ разных вариантов испытанных технологических схем уборки стеблей хлопчатника показал, что их, по виду убранных стеблей, можно сгруппировать в следующие три технологии: со сбором рассыпных стеблей, с прессованием и с измельчением.

Таким образом, в результате исследования различных технологических схем уборки стеблей хлопчатника установлено, что наиболее рациональными являются технологические схемы уборки стеблей хлопчатника в измельченном виде. Обоснованы кинематические, конструктивные и технологические параметры рабочих органов машин для уборки стеблей хлопчатника.

Determining amount of heat withdrawn by the fan from the capacitor of small refrigerating machines

Lemeshko Michael Aleksandrovich, candidate of technical Sciences, associate Professor;

Romanov Pavel Vitalevich, undergraduate;

Dmitrienko Nadezhda Alekseevna, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor

The Institute of service sector and entrepreneurship (branch) of Federal state budgetary educational institution of higher professional education «don state University (Rostov region)

The article deals with the question of using fans for condenser cooling in small refrigerating machines. In small refrigerating machines of the compression type of relatively small capacity, fans are not used to cool the condenser of the refrigeration unit. The work shows the feasibility of scientific methods of cooling fans capacitors in small refrigerating machines, in particular household refrigerating appliances are pointed out. It is shown that modern fans which are designed for cooling personal computers, are recommended to be applied in domestic refrigerators, as this process will ensure effective removal of heat from the condenser without substantial amounts of energy.

It was found out that for given surface temperatures of the condenser and the ambient temperature, it is necessary to create air flow to be directly proportional to the dissipated heat power from the condenser.

The calculations demonstrate that the heat removal from the condensers of the refrigerating machines using modern fan are supposed to be designed for small refrigerating machines with a smaller condenser, but they must be equipped with a fan for cooling the heat exchanger.

Key words: *small refrigerating machine, household refrigerating device, a cooling condenser, fan, the feasibility of blowing*

Лемешко Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Романов Павел Витальевич, магистрант;

Дмитриенко Надежда Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты (Ростовская область)

The object of research is a heat transfer process in small refrigerating machines. We investigated the possibility of reducing specific energy consumption of a compression refrigerator by increasing the intensity of cooling of the refrigerant in its condenser.

The reduction of energy consumption of refrigeration equipment is very important problem to be constantly paid attention to during its rapid development, and at present time.

It is known [1] that it's possible to intensify the process of condensation of the refrigerant in several ways:

- increase surface area of heat exchange;
- to increase the coefficient of heat transfer from the condenser surface to the ambient air;
- to decrease the total thermal resistance of heat transfer as the reduction of its components (private thermal resistance);
- to increase the temperature difference of heat transfer (mean temperature difference).

The heat transfer coefficient from the surface of the capacitor can also be increased by increasing the velocity of the air near the surface of the capacitor for example, when you use the fan [2, 3], or by using evaporative cooling surface condenser, [4, 5], or using movable capacitor [6, 7]. It is interesting to refer to the option of a cooling condenser and a compressor of the refrigerating unit simultaneously [8].

When you heat a solid surface with the help of gas medium in natural convective heat transfer the heat transfer coefficient is usually not more than 20–80 W/m²·grad. One of the commonly used methods of cooling the surface of the condenser is forced ventilation process.

To increase the intensity of condensation process of the refrigerant we can use the other methods, such as it presented in the publication [9]. The use of fan for cooling the surface of the condenser is widely used to display coolers, which use compact compressor condensing unit with one or two fans, usually the capacity of the fridge is over 400 liters.

Small refrigerators with relatively high refrigeration capacity traditionally used to apply traditional method of cooling the condenser with the help of natural convection, which is considered [1], to be the rational use of fan for cooling the condenser. However, papers [11], let us make a complement to this tradition using a new approach. It is proposed to use

a thermoelectric Converter to produce electricity from the running compressor of the refrigeration unit. The use of the Seebeck effect will enable the heat generated by compressor refrigerating machines to be converted into electricity and the latter to be used for blowing the surface of the capacitor. Thus, the fan is not consumed electricity from the network, and it allows to improve the heat removal from the surface of the capacitor. The heat exhaust from the compressor is usually dissipated into the environment, complementing the heat from the condenser. Typically, the capacity of the exhaust heat from the working refrigerating machine more than power get cold. Great Park for refrigeration compression refrigeration equipment in the aggregate is very large dissipation to the atmosphere.

Materials and methods

Consider the circuit for cooling the condenser of a small refrigerating machine with a fan let us solve the problem of determining the amount of heat discharged from the surface condenser during its blowing surface of a fan.

Fan capacity refers to the volume of air passing through the fan per unit time. For example, cm³/min, or in the system

$SI - \frac{m^3}{s}$. Suppliers of fans for personal computers measure

the performance of the fan in cubic feet per minute (Cubic Feet per minute, CFM). The manufacturer, always specifies a characteristic feature of the fan. (1 foot cubed equals 28 320 cm³ = 0,02832 m³, 1 ft³/min = 28320 cm³/min or 472 cm³/sec.)

The air flow generated by the fan determines how much heat you can take from the condenser per unit of time.

We denote the total capacity of the heat load on the condenser Q_K .

Theoretically, the magnitude of this heat load can be obtained from calorimetric calculation of refrigeration cycle specific design of the refrigerator.

Let us denote the temperature difference on the condenser surface and the ambient air is $\Delta T = T_K - T_{ov}$.

Let the air mass m , which is supplied to the surface condenser, is heated by ΔT in time t . Then he transferred quantity of heat:

$$Q_t \cdot t = m c_p \Delta T \quad (1)$$

where c_p — is the heat capacity of air at constant pressure. The dimension parameters:

$$[Q_t] = W; [m] = kg; [c_p] = j/kg \cdot grad,$$

$$[\Delta T] = grad, [t] = c.$$

The volume of air supply per unit time characterizes the fan performance $W_B = V/t$, which should ensure the rate of heat dissipation from the condenser is Q_t per unit of time.

Express the mass of air using its density and volume:

$$m = \rho V$$

Then, in unit time will be given heat:

$$Q_t = \frac{\rho \cdot V \cdot c_p \cdot \Delta T}{t} \quad (2)$$

$$Q_t = \frac{V}{t} (\rho \cdot c_p \cdot \Delta T),$$

$$Q_t = W_B (\rho \cdot c_p \cdot \Delta T).$$

Where W_B flow rate of the air flow through the fan for discharging heat output Q_t .

Where:

$$W_B = \frac{Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (3)$$

For dimensions taken in the expression (1): $[W] = m^3/s$

$$\text{Or } W_B = \frac{60 Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \text{ m}^3/\text{min},$$

$$\text{or } W_B = \frac{60 \cdot 10^6 \cdot Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \text{ sm}^3/\text{min}$$

For fans with the specified performance CFM, it is necessary to consider that $1 \text{ m}^3/\text{min} = 30,48 \text{ CFM}$ (cubic pounds per minute), or:

$$1 \text{ ft}^3/\text{min} = 28320 \text{ sm}^3/\text{min} \quad (4)$$

Results

Substituting in the formula (3) the heat load on the condenser, temperature difference, density and specific heat of the air, you can calculate the capacity of the fan.

The actual performance of the fan W_B for removal of thermal energy from the surface of the condenser Q_t must be greater than calculated one due to partial scattering of the air flow when blowing the surface of the capacitor. This dispersion can be considered a design parameter — the coefficient of dispersion of blood flow. Depending on the shape of the air flow and the shape of the condenser the value of this coefficient may range from 0.5 to 0.9.

The actual performance of the fan:

$$W_B = W_B / K_p \quad (5)$$

Let consider an example.

Let the power, the exhaust from the condenser 60 W, the temperature difference between the surface condenser and the surrounding air is 250C.

For the approximate calculation accept density of air at $t=250C$ and a pressure equal to one atmosphere: $C=1100,0 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$, then the data given by formulas (3) and (4), assuming $K_p=0.6$, one will get:

$$W_B = \frac{Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} = 9,57 \cdot 10^{-5} \frac{Q_t}{\Delta T} \frac{m^3}{s} \quad (6)$$

For relatively accurate calculations the humidity and the pressure in the measurement of fan performance must be taken into account. For humidity 60%, air density is approximately equal to $0,95 \text{ kg/m}^3$.

Specific heat of air depends on air humidity. For dry air it is equal to $1005,0 \text{ j/(kg} \cdot \text{K)}$.

Full heat capacity of moist air is the sum of the heat capacities of dry air and steam:

$$C = C_{ce} + C_n d.$$

Specific heat capacity is usually referred to 1 kg of dry air:

$$C_{ce} \cong 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}, C_n \cong 1,93 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}.$$

Then

$$C = C_{ce} + 1,93 d.$$

where d is the moisture content of the air in kg/kg c.b.

Using the expression (6), we perform estimating calculations linking heat load on the condenser and fan performance. The results of the calculation are given in table 1.

To indicate air flow in CFM dimensions, from the expression (6), we get:

$$W (\text{CFM}) = 0,33 (Q/\Delta T).$$

Here $[W] = \text{ft cube /min}$.

As can be seen, to ensure heat removal from the surface of the condenser by the fan airflow, for given surface temperatures of the condenser and the ambient temperature, it is necessary to create an air flow which is directly proportional to the dissipated thermal power. For example, if the heat load on the condenser has a capacity of 30,0 W, ambient temperature 25°C, the surface temperature of the condenser 45°C, the diffusion flow $K_p = 0,8$, then the necessary airflow fan W must be equal to $861 \text{ cm}^3/\text{min}$. Or for cooler fan for PK cooling) $W = 0,030 \text{ CFM}$.

Discussion and conclusion

It would seem that airflow in $861 \text{ cm}^3/\text{min}$ is not too much, so the airflow is able to provide even a relatively low powerful fan. However, you must keep in mind that the airflow generated by the fan and the airflow blown from the surface of the condenser is not the same thing. If the fan is installed in the housing of the refrigerator or fan is included into a condensing unit, its performance will differ from that specification in the technical documentation.

Table 1

Example calculation of fan performance

Q, Wat	$Q_1 = 20$			$Q_2 = 40$			$Q_3 = 60$		
$\Delta T = T_k - T_{об}$	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3
	20	30	40	20	30	40	20	30	40
W, sm^3/min	957	643	487	1950	1267	975	2925	1950	1462
W, CFM	0,034	0,022	0,017	0,068	0,044	0,034	0,103	0,068	0,052

It is known that specification given in the documents states the fan capacity can be calculated under ideal conditions, in the absence of resistance it creates the air flow. In real conditions the path of the air flow generated by the fan, have always some obstacles that reduce the volume of pumped air through the fan per unit time, and increasing the difference between the pressure of the air flow generated by

the fan, and the pressure of the environment (atmospheric pressure).

In the General case, we can assume that the static pressure of air flow from the fan is a function of the speed of the fan: $\Delta p = f(W)$. This function is called the characteristic curve or the flow characteristics of the fan.

Table 2

Here are some examples of fans that can be used to cool condensers in domestic refrigerators

Name	Dimensions mm	Power, W	Speed rev/min	Performance, CFM	Performance cm^3/min	Noise dB	Price rub.
KDE1204PFV2	40x40x10	1	5800	7	$24,7 \cdot 10^5$	27	230
KDE1205PFV2	50x50x10	1,1	4300	11	$38,8 \cdot 10^5$	26	370
KDE1209PTB1	92x92x25	1,8	2800	49	$173 \cdot 10^5$	34	320
PMB1275PNB1.AY	75x75x30	3,6	3400	13,6	$48,1 \cdot 10^5$	43,5	560
PMD1209PTB1.A(2)	92x92x25	5,5	4200	77	$271,9 \cdot 10^5$	48	490

Thus, the calculations show that the heat removal from the condenser of the refrigeration machine with the use of modern fan it is advisable to perform a design of small refrigerating machines with a smaller condenser, but they must be equipped with a fan for cooling the condenser.

The use of heat from the compressor for additional power source can solve two problems: a heat sink energy from the compressor to convert this energy into electricity.

In this case, fans are recommended to cool the condenser and increase the intensity of cooling will provide improved

performance of the refrigeration cycle and, ultimately reducing the average energy consumption of the refrigeration machine.

We have also proposed to increase the power of the fan and its rational use to provide a refrigerator battery. This will allow us using low thermal load on the unit, to accumulate energy, and when load is increased (e.g. when loading the refrigerator Cabinet products) — it is effective to intensive heat sink, reducing the overall power consumption of the refrigerator.

References:

1. Weinberg B. S., Household compression refrigerators / S. B. Weinberg, L. N. Vine. — M.: Food industry, 1974. — 272.
2. Lemeshko M. A., the Dependence of energy efficiency of a compression refrigerator to the method of cooling of its condenser / Lemeshko M. A., Kozhemiachenko A. V. Urunov S. R. // Technical and technological problems of service — Saint-Petersburg: SPGEU — 2014 — № 4(30). S. — 58–60.
3. Lemeshko M. A. increasing the intensity of heat exchange processes of the capacitor compression refrigerator /basic and applied researches: challenges and results. 2014, no.12. S. 65–69.
4. Lemeshko M. A. the Use of evaporative cooling to increase the energy efficiency of household refrigerator / Lemeshko M. A., Urunov S. R., Golovina, E. I. // Journal of scientific publications graduate and doctoral students. Kursk, 2015 — № 1(103). — PP. 114–116.

5. Lemeshko M. A., Dmitrienko N. A., Urunov S. R. study of the effectiveness of the evaporative condenser of the compression refrigerating machines / interdisciplinary Institute for Science and education. 2014. No. 6. S. 48–51.
6. The patent for invention RUS2570533 29.12.2014. Household refrigerator with movable condenser / Lemeshko M. A., Kozhemiachenko A. V., S. R. Urunov.
7. Lemeshko M. A., Alekhin S. N., Urunov S. R., Serebryakov A. V. Household refrigerator with a movable condenser. / A young scientist. 2016. № 6 (110). S. 122–127.
8. Kozhemiachenko, A.V., Lemeshko M. A., Rugasevic V. V., V. B. Sherstyukov Reducing energy consumption of household refrigerating appliance by inter-efficacia cooling condenser / Engineering journal of don — 2013. Vol. 24, № 1(24). S. 60–64.
9. Lemeshko M. A. Technology energy efficiency of household refrigerating appliances. / Fundamental and applied researches: challenges and results. 2014. № 13. P. 188–196.
10. The patent for invention RUS2521424, 12.03.2013. The cooling method of the capacitor compression refrigerator. / Lemeshko M. A., Cogema-Chenko A. V., Rugasevic V. V., Sherstyukov V. V., Romanova, M. I., Deineka I. G.
11. Lemeshko M. A., Alekhin S. N., Urunov S. R., Serebryakov A. V. Method of increasing the energy efficiency of household refrigeration appliances. / In the collection Nike: the scientific search in a modern world the collection of materials of XI international scientific-practical conference. 2016. P. 33–36.

Эквивалентная расчетная схема трансмиссии хлопковой машины

Халлыев Ашырмырат, преподаватель

Туркменский сельскохозяйственный университет им. С.А. Ниязова (г. Ашхабад)

Обоснована расчетная колебательная схема трансмиссии хлопковой машины как двухмассовой системы с приведенными моментами инерции, продольной крутильной жесткостью и коэффициентом неупругого сопротивления, определяющие условия её работы.

Ключевые слова: расчетная схема, трансмиссия, хлопковая машина, система

The equivalent settlement scheme transmissions of the cotton machine

The settlement oscillatory scheme of transmission of the cotton machine as two-mass system with the resulted moments of inertia, longitudinal twisted rigidity and in factor of not elastic resistance, defining conditions of its work is proved.

Keywords: the settlement scheme, transmission, the cotton machine, system

Для вывода системы уравнений с целью расчета трансмиссии хлопковой машины используем теорию крутильных колебаний. Причиной крутильных колебаний в валах трансмиссионных систем является неравномерность крутящих моментов от движущихся сил и сил сопротивления. Они вызывают изменение угловой скорости вала. Вал обладает упругостью и на нем размещаются массы. Поэтому в каждом его сечении будет своя степень неравномерности колебаний масс относительно друг друга, вызывающие закрутку отдельных участков вала и крутильные колебания.

Любая трансмиссия имеет сложную конструктивную форму. Расчет такой системы на крутильные колебания очень трудоемок и практически невыполним без упрощения системы. Упрощенная система должна быть эквивалентна действительной. При этом частота и форма их крутильных колебаний должны быть идентичными. Эти

условия выполняются с достаточной для практических расчетов точностью.

Эквивалентная система должна состоять из отрезков вала, обладающих жесткостью, но лишенных массы, и сосредоточенных масс. Диаметр эквивалентного вала выбирается постоянным, а массы участков действительного вала сосредоточиваются в местах концентрации масс. Поэтому при построении условной колебательной системы рассредоточенные массы деталей и узлов агрегатов исследуемого объекта заменяют приведенными сосредоточенными массами, упругие свойства соединений отображают пружинами или торсионами, трение в сочленениях, гасящее воздействие внешней среды, и внутримолекулярное трение в материале представляют демпферами с заданными характеристиками [1,2].

Трансмиссия любой хлопковой машины состоит из значительного количества маховых масс, соединенных валами

различной угловой жесткости. Эти массы образуют сложную колебательную систему, которая практически не поддается изучению. Заменяв рассредоточенные массы сосредоточен-

ными, неупругие сопротивления — сопротивлениями сосредоточенных муфт, получим колебательную систему, эквивалентную трансмиссии хлопковой машины (рис. 1).

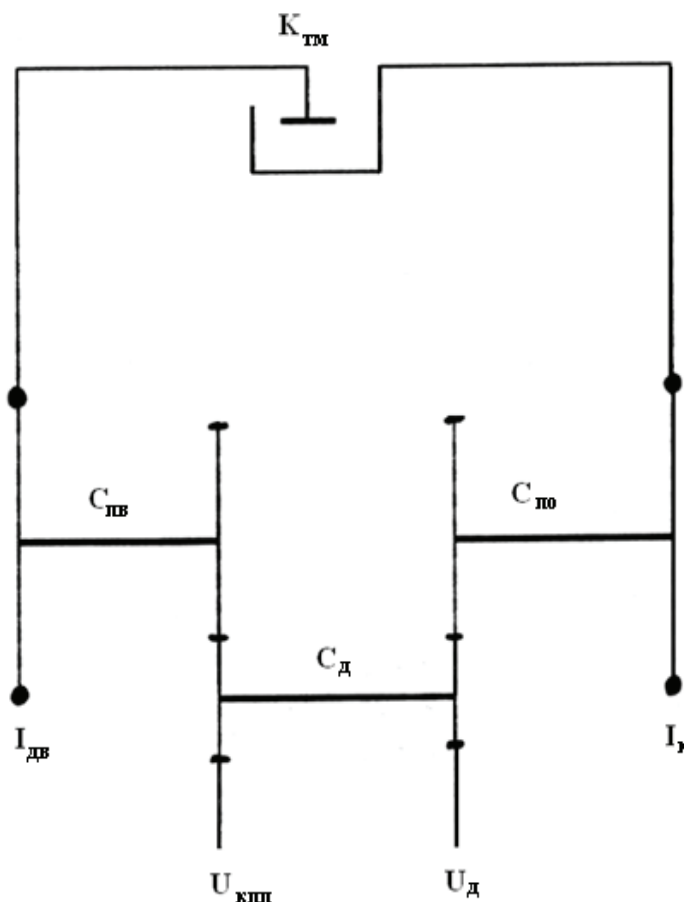


Рис. 1. Колебательная система, эквивалентная трансмиссии хлопковой машины

На этом рисунке в этой системе крутящие моменты в упругих связях $C_{дв}$, $C_{ш1}$ и $C_{ш2}$ ограничены максимальным моментом трения фрикционной муфты сцепления и сцепления ведущих колес с полем. Это обстоятельство отразим в схеме введением муфт $M_{ф1}$, $M_{ф2}$, $M_{ф3}$.

$I_{дв}$, $I_{кпп}$, $I_д$, $I_{к1}$, $I_{к2}$ и $I_т$ — моменты инерции соответственно вращающихся масс двигателя, вращающихся масс коробки переменных передач, главной передачи и дифференциала, ведущих колес трактора и поступательно движущейся массы машины; $C_{дв}$, $C_д$, $C_{по1}$, $C_{по2}$, $C_{ш1}$, $C_{ш2}$ — крутильные жесткости, соответственно, суммарной жесткости от двигателя до кпп, суммарной жесткости от кпп до дифференциала, полуосей ведущих колес, тангенциальной жесткости шин ведущих колес; $M_{ф1}$, $M_{ф2}$, $M_{ф3}$ — муфты сцепления ведущих колес полем [1] и двигателя [2].

Анализ такой системы весьма сложен. Поэтому с целью упрощения системы учтем конкретные условия работы и соотношения в конструкции трансмиссии объекта исследования.

Моменты инерции вращающихся деталей коробки передач, главной передачи, дифференциала, полуосей зна-

чительно меньше моментов инерции маховика двигателя и ведущих колес. Тогда при малых величинах моментов инерции можно пренебречь и соответствующими массами.

Исходя из опыта эксплуатации, можно предположить, что нагрузка на правое и левое ведущие колеса статистически подобна. Поэтому в эквивалентной системе мы объединим массы правого и левого колес, а также жесткости их полуосей.

Исходя, опять же, из опыта имеем факт наличия незначительных пробуксовок колес. В этой связи условные муфты $M_{ф2}$ и $M_{ф1}$ можно считать заблокированными, так как максимальные нагрузки в трансмиссии не вызовут ее пробуксовку.

Колебания в трансмиссии хлопковой машины имеют затухающий характер из-за неупругих сопротивлений в трансмиссии и шинах. С учетом этого моменты неупругого (вязкого) сопротивления принимаем пропорциональными скорости относительных перемещений масс системы, с коэффициентом пропорциональности $K_{тт}$.

Основываясь на принятых допущениях, получена упрощенная колебательная система, эквивалентная трансмиссии хлопковой машины (рис. 2).

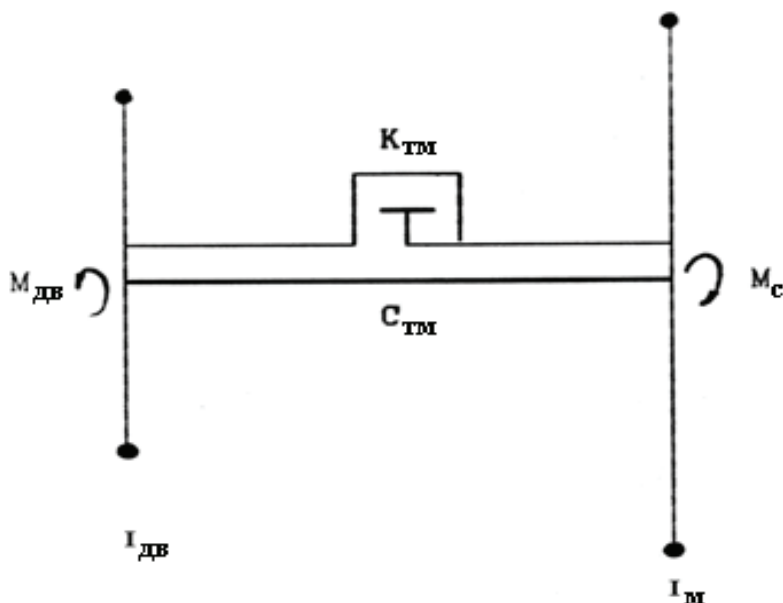


Рис. 2. Упрощенная колебательная система трансмиссии хлопковой машины

Предложенная эквивалентная система все еще сложна для расчетов из-за наличия большого количества редукторов. Поэтому приведем моменты инерции масс и жесткости их упругих связей к коленчатому валу двигателя.

Суммарную жесткость трансмиссии определяем по обратной величине податливости. Приведенная податливость каждого элемента равна произведению действительной податливости на квадраты передаточных отношений редукторов, включенных от рассматриваемого элемента до участка приведения. Тогда приведенная податливость трансмиссии хлопковой машины от колес до маховика двигателя определяется по формуле

$$c_{ТМпр}^{-1} = c_{ш0}^{-1} U_D^2 U_{кшп}^2 + c_D^{-1} U_{кшп}^2 + c_{шв}^{-1}. \quad (1)$$

Приведенный суммарный момент инерции ведущих колес и массы машины определяем из условия неизменности кинетической энергии во вращательном движении соответствующих деталей.

$$I_{кпр} = \frac{I_k}{U_D^2 U_{кшп}^2} + \frac{Q_M r_k^2}{U_D^2 U_{кшп}^2}, \quad (2)$$

где Q_M — масса машины; r_k — радиус качения ведущих колес; I_k — суммарный момент инерции ведущих колес и поступательно движущейся массы машины; $c_{шв}$, c_D , $c_{ш0}$ — крутильная жесткость, соответственно, первичного вала коробки передач, главной передачи и дифференциала, двух полуосей колес; $U_{кшп}$, U_D — передаточные отношения коробки передач и главной передачи; $K_{ТМ}$ — коэффициент неупругого (вязкого) сопротивления трансмиссии трактора хлопковой машины.

Кроме указанных сил, внутреннего вязкого сопротивления, инерционных сил вращающихся и поступательно движущихся масс к трансмиссии движущейся машины,

приложен внешний момент двигателя и момент сопротивления поля (среды) $M_С$. Последний приведен к коленчатому валу, используя соотношение

$$M_{спр} = \frac{M_С}{U_{ТМ}}, \quad (3)$$

где $U_{ТМ} = U_D U_{кшп}$ — передаточное отношение трансмиссии хлопковой машины.

Приведенный момент сопротивления разложим на постоянную $M_{кшп}^0$ и переменную $M_К$ составляющие:

$$M_{спр} = M_{кшп}^0 + M_К,$$

где $M_{кшп}^0 = M_{ДВ}$.

Применив к колебательной системе принцип суперпозиции, ее реакции рассматриваем как взаимонезависимые. Тогда совместное воздействие моментов $M_{ДВ}$ и $M_{кшп}^0$ вызовет постоянное статическое закручивание упругих элементов.

Выбрав за начало отсчета положение равновесия, при котором начальное смещение масс под действием уравновешенных моментов $M_{ДВ}$ и $M_{кшп}^0$ уже произошло, расчет системы ведем только по переменной составляющей $M_К$.

Окончательная расчетная колебательная система, эквивалентная трансмиссии хлопковой машины, будет выглядеть как двухмассовая система с приведенными моментами инерции, продольной крутильной жесткостью и коэффициентом вязкого сопротивления системы.

Таким образом, обоснована расчетная колебательная схема, эквивалентная трансмиссии хлопковой машины как двухмассовой системы с приведенными моментами инерции, продольной крутильной жесткостью и коэффициентом неупругого сопротивления, определяющие условия её работы.

Литература:

1. Бабаков, И. М. Теория колебаний. — М.: Наука, 1968. — 316с.
2. Пановко, М. Г. Введение в теорию механических колебаний. — М.: Наука, 1971. — 384с.

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

VI Международная научная конференция
Москва, ноябрь 2016 г.

Сборник статей

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *М.В. Голубцов*

Издательский дом «Буки-Веди», г. Москва

Подписано в печать 24.11.2016. Формат 60x90 1/8.

Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,06. Уч.-изд. л. 11,22. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.