



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

*Сборник статей по материалам
XXIX международной научно-практической конференции*

№ 12 (25)
Декабрь 2013 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск
2013

УДК 62
ББК 30
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

Ахметов Сайранбек Махсutowич — д-р техн. наук, профессор, ректор
Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных
систем.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович — канд. техн. наук, доцент Полтавского
национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

Елисеев Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доцент Института
развития дополнительного профессионального образования;

Романова Алла Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры
прикладной физики Санкт-Петербургского государственного университета
сервиса и экономики.

Т 38 Технические науки — от теории к практике / Сб. ст.
по материалам XXIX междунар. науч.-практ. конф. № 12 (25).
Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. 208 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике»
включен в систему Российского индекса научного цитирования
(РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей
обязательна.

Оглавление

Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ	8
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ Карпов Павел Евгеньевич	8
ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТБОРА И ДОСТАВКИ ПРОБ НА АНАЛИЗ Лобозкий Юрий Генрихович Хмара Валерий Васильевич	12
КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОШИБОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТБОРА И ДОСТАВКИ ПРОБ НА АНАЛИЗ Лобозкий Юрий Генрихович Хмара Валерий Васильевич	20
Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление	28
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОНТОЛОГИЧЕСКОМУ ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ГИБРИДНОМУ ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ О СОБЫТИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ В АСУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА Котенко Игорь Витальевич Саенко Игорь Борисович	28
ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЭКСТРУДЕРА 3D-ПРИНТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MCU/FPGA Мусяенко Максим Павлович Бугаев Виктор Иванович Крайнык Ярослав Михайлович Денисов Алексей	33
МЕТОДИКА И КОМПЛЕКС ПРОГРАММ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА Прошин Иван Александрович Салмов Евгений Николаевич	39

ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ Прошин Иван Александрович Сюлин Павел Витальевич	44
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СОСТОЯНИЯ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ Прошин Иван Александрович Долгов Георгий Геннадьевич	49
КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ ВУЗА В ЦЕЛОМ Сироткин Григорий Вячеславович	53
Секция 3. Машиностроение и машиноведение	69
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫГЛАЖИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДЫДУЩЕЙ ОПЕРАЦИИ Лукьянов Алексей Александрович Левицких Олеся Олеговна Ежелев Андрей Викторович	69
МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ Хусаинов Рустем Мухаметович Сабиров Айдар Рамазанович Мубаракшин Ирек Инсафович	75
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Чепчуров Михаил Сергеевич Жуков Евгений Михайлович Тюрин Алексей Вячеславович	85
Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии	93
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА Волгина Наталья Ивановна Конакова Марина Анатольевна	93

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	99
Соболев Алексей Александрович Кадочкин Дмитрий Станиславович Чаусов Владислав Нурмухаммадович	
Секция 5. Транспорт и связь, кораблестроение	104
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ СО СЛУЖБАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОПОРНЫХ И СЛУЧАЙНЫХ ФРАГМЕНТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	104
Гаглоев Эмзар Пореевич	
Секция 6. Аэро-космическая техника и технологии	109
ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА СВЕРХКРИТИЧЕСКИМИ РАСХОДОМЕРАМИ, С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЖРД	109
Кружаев Константин Владимирович Цыганов Александр Александрович Малетин Андрей Николаевич	
Секция 7. Строительство и архитектура	119
СОВРЕМЕННАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДОБАВКА ЖККА	119
Капленко Ольга Александровна	
ВЛИЯНИЕ ВОЗДУХОВОВЛЕЧЕНИЯ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ	126
Курбатов Владимир Леонидович	
ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	134
Литвинова Юлия Владимировна	
ПРИРОДА КАК ОСНОВА АРХИТЕКТУРЫ	144
Фоменко Наталья Александровна	

Секция 8. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы **149**

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ
НАДЁЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН 149

Бойко Анатолий Иванович
Новицкий Андрей Валентинович
Баннный Александр Александрович
Кондратюк Андрей Васильевич

Секция 9. Приборостроение, метрология, радиотехника **157**

КОМПЕНСАЦИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ
ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫХ ДАТЧИКОВ 157

Тихоненков Владимир Андреевич
Солуянов Денис Александрович

Секция 10. Электротехника **165**

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШАССИ
КОЛЕСНЫХ РОБОТОВ 165

Вяльцев Георгий Бенцианович
Сагитов Юрий Ильдарович

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ 174

Смотров Евгений Александрович
Вершинин Дмитрий Вениаминович
Субботин Виктор Владимирович

Секция 11. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология **184**

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИИ САРАТОВСКОЙ
ОБЛАСТИ 184

Мелещук Роман
Сорокина Ирина Александровна

ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	190
Соболев Алексей Александрович	
Попов Андрей Николаевич	
Кадочкин Дмитрий Станиславович	
Чаусов Владислав Нурмухаммадович	
РАСЧЁТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВТОРИЧНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ НА ПРИМЕРЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И СЕРЫ	195
Чернявский Сергей Анатольевич	
Каракеян Валерий Иванович	
УЧЕТ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	202
Шамсумова Юлия Ириковна	
Сергей Петрович Шурай	

СЕКЦИЯ 1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Карпов Павел Евгеньевич

*аспирант, Самарский Государственный
Технический Университет, ООО «АСКОН-Самара»,*

РФ, г. Самара

E-mail: karpovpaul@gmail.com

IMPROVING THE ACCURACY OF TRANSMITTED GEOMETRY IN THE DEVELOPMENT OF THE GOVERNING PROGRAMS

Pavel Karpov

postgraduate of Samara State Technical University,

ООО «ASCON-Samara»,

Russia, Samara

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрен метод повышения точности передаваемой геометрии детали при разработке управляющих программ для станков с численно-программным управлением.

ABSTRACT

This article presents a method of increasing the accuracy of the transmitted part geometry in the development of control programs for CNC numerical-control program».

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства; 3D моделирование; управляющая программа, постпроцессор.

Keywords: design-engineering preproduction; 3D modeling; CNC; postprocessor.

«Современная концепция автоматизации проектирования и производства предполагает повсеместное внедрение новых промышленных стандартов, основанных на комплексном использовании компьютерного моделирования» [1, с. 4]. Использование компьютерного моделирования уже сейчас повсеместно решает вопросы имитационного моделирования и исключения недопустимых ошибок.

Основной проблематикой написания управляющих программ для станков с ЧПУ при подготовке технологического процесса производства деталей является возникновение погрешности при передаче геометрии из систем трехмерного моделирования в САМ-системы.

Исходной информацией при создании программы обработки на станке с ЧПУ является трехмерная модель изделия, спроектированная инженером-конструктором. После того, как трехмерная модель и комплект сопроводительной документации готовы, информация передается в отдел главного технолога, где в свою очередь инженеры-технологи занимаются непосредственно подготовкой технологических карт изготовления конкретного изделия. В итоге конструкторско-технологической подготовки на производство приходит заказ на выполнение партии изделия на основании трехмерной модели, чертежей со спецификациями и технологических карт на изделие.

В наше время изготовление деталей осуществляется зачастую на станках с ЧПУ, в которых уже существует возможность задания программы обработки заготовки непосредственно загружая файл трехмерной модели, полученный из САД-системы. При подготовке управляющей траектории технолог-программист при помощи САМ системы генерирует файл, содержащий всю необходимую информацию о положении модели в пространстве, требуемой траектории движения инструмента, необходимости применения различных режимов резания и другие различные условия.

Следующим шагом подготовки управляющей программы является этап преобразования написанной в САМ-системе управляющей траектории с помощью программного модуля — постпроцессора, формирующего управляющие программы для конкретных станков.

В процессе обработки информации средствами постпроцессора производится трансляция информации из исходного кода, полученного при создании управляющей траектории в САМ-системе в объектный код, которые непосредственно воспринимается станком с ЧПУ,

и возникают ошибки, а значит и возникновении погрешностей при изготовлении изделий.

Как правило, постпроцессор не интерактивен и работает в режиме транслятора. Но в свою очередь он является не простым конвертором одного кода в другой, а абсолютно всегда содержит свою конкретную технологическую логику и набор специализированных функций.

В современном многообразии способов создания постпроцессоров четко различают 3 основных способа:

- Внешний — постпроцессор не зависит от используемой САМ-системы. Использует на входе файл формата CL-DATA (Cutter Locations DATA) — данные о положении инструмента. Формат CL-DATA официально принят стандартом DIN 66215-1 и поддерживается большинством САМ-систем.

- Встроенный — постпроцессор считывающий управляющую траекторию только из той САМ-системы. Каждый постпроцессор заточен на работу только со своей САМ-системой, следовательно, исключается возможность использования единого информационного пространства. Использование файлов формата CL-DATA в данной случае невозможно.

- Генератор постпроцессоров — применяет на ряде машиностроительных компаний при более подробного составления и настройки постпроцессора. Использование такого метода создания постпроцессора состоит из создания алгоритмов обработки, получаемых в САМ-модуле, а затем без каких-либо внешних средств трансляции позволяет получить постпроцессор на конкретный станок с ЧПУ.

При написании управляющей программы, САМ-система ориентируется на геометрию полученной модели из системы КОМПАС-3D, и как следствие процесс преобразования исходного кода протекает уже на основании сформированной геометрии модели САМ-системой.

При импортировании САD-моделей с использованием сторонних САМ-модулей возникает источник погрешности — потеря точности при передаче данных из одной системы в другую: ограниченное число значащих цифр при перестроении трехмерной модели средствами САМ-системы (например, формате m3d) неизбежно вносит дополнительное искажение, порой достаточно заметное. Конечно же, не вся отсутствующая информация в трехмерной модели может быть восстановлена без участия человека, но во многих случаях возможна корректировка данных в пределах требований заданной точности, которую необходимо обеспечить для изготовления детали на том или ином оборудовании. Использование программного обеспечения разработки одного вендора применяемых САD и САМ-систем исключает допущение такого рода ошибок при подготовке производства.

Для обеспечения качественной и точной передачи геометрии в управляющую программу для станка с ЧПУ из трехмерной модели, спроектированной в среде КОМПАС-3D возможно использование САМ-модуля. Создание управляющей траектории ведется непосредственно в среде проектирования КОМПАС-3D что позволяет:

- Продолжать работу инженера-конструктора в привычном для себя информационном пространстве;
- Осуществлять передачу геометрии в САМ-модуль без искажений;
- Сократить сроки написания управляющей программы для станка с ЧПУ;
- Исключить потерю данных при конвертации из CAD в САМ-систему;
- Исключить потерю времени на процесс конвертации модели;
- Исключить потери времени на исправление ошибок при некорректной передаче геометрии модели;
- Автоматический Расчет траекторий и генерация управляющей программы;
- Имитация процесса отработки управляющей программы при удалении металла с заготовки;
- Контроль столкновений инструментов.

Рассматривая вопрос использования САМ-модуля как средство для оптимизации кадрового состава предприятия, можно выдвинуть следующее предложение о том, что написанием управляющей программы для станка с ЧПУ должен заниматься никто другой, как создатель трехмерной модели — инженер-конструктор, или же как минимум инженер-технолог, владеющей информацией о конструктивной специфике изготовления того или иного изделия. Возлагая трудовые обязанности на плечи инженерно-технологического состава предприятия получает эффективный инструмент оптимизации производственного процесса. Чем меньшее количество времени рабочий персонал будет задействован в создании управляющих программ и подготовки к ним постпроцессоров, тем меньше промышленное оборудование будет простаивать в цехах.

Таким образом, использование САМ-модуля, встроенного в систему трехмерного моделирования КОМПАС-3D позволяет повысить скорость подготовки управляющих программ для станков обеспечивая заданную точность и качество обработки по управляющим траекториям режущего инструмента, а, следовательно, повысить конкурентоспособность предприятия на машиностроительном рынке.

Список литературы:

1. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Волгоград: «Ин-Фолио», 2009. — 640 с.

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТБОРА И ДОСТАВКИ ПРОБ НА АНАЛИЗ

Лобоцкий Юрий Генрихович

*канд. техн. наук, ведущий специалист
ООО «Центр инженерно-технического обеспечения»,
РФ, г. Москва
E-mail: lobs@nsi.ru*

Хмара Валерий Васильевич

*д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВПО Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технический университет),
РФ, Республика Северная Осетия, г. Владикавказ
E-mail: khmaraval@yandex.ru*

AUTOMATED PROCESS DESIGN PECULIARITIES OF SAMPLING AND DELIVERY OF SAMPLES FOR ANALYSIS' SYSTEMS

Yuriy Lobotsky

*candidate of Science, leading expert of LLC "Engineering support center",
Russia, Moscow*

Valeriy Khmara

*doctor of Science, professor of FSBEI HVE North Caucasian Mining
and Smelting Institute (State Technical University),
Russia, the Republic of North Ossetia, Vladikavkaz*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены практические вопросы технологического проектирования систем отбора и пневматической доставки проб на анализ. Предложена стратегия конструкторского и технологического проектирования с использованием объектных структурно-атрибутивных моделей (OSAM). Приведена общая структура технологического проектирования системы отбора и пневматической доставки проб на анализ. Рассмотрены особенности итерационного многоуровневого метода технологического проектирования.

ABSTRACT

The article considers practical aspects of process design of sampling and pneumatic delivery of samples for analysis' systems. There is proposed a strategy of engineering and process design using object structural and attributive models (OSAM). A general structure of process design of sampling and pneumatic delivery of samples for analysis' system is given. Peculiarities of iteration multilevel method of process design are examined.

Ключевые слова: конструкторское и технологическое проектирование; объектные структурно-атрибутивные модели; информатизация этапов жизненного цикла системы; автоматический отбор и доставка проб на анализ.

Keywords: engineering and process design; object structural and attributive models; informatization of system life cycle stages; automatic sampling and delivery of samples for analysis.

Как известно [1, 2] любая система автоматического отбора представительных разовых проб и пневматической доставки усредненной пробы на инструментальный анализ включает в себя необходимые и адаптированные к конкретным технологическим условиям средства для:

- автоматического отбора разовых проб;
- автоматического пропорционального сокращения отобранных разовых проб;
- усреднения в течение определенного времени ряда последовательно отобранных разовых проб;
- дозирования необходимого объема полученной усредненной пробы перед её отправкой на инструментальный анализ;
- подготовки к пневматической доставке (контейнерной или бесконтейнерной) дозированного объема усредненной пробы на анализ;
- собственно доставки усредненной пробы на анализ;

- приема доставленной на анализ усредненной пробы;
- предварительной подготовки доставленной на анализ усредненной пробы (отделение от доставленной пробы транспортирующего сжатого воздуха и предварительное обезвоживание доставленной пробы при бесконтейнерной доставке и разгрузка доставленной пробы из транспортного контейнера при контейнерной доставке).

К существенным особенностям автоматизации технологического проектирования систем автоматического отбора и доставки проб на анализ необходимо отнести:

- выбор оптимального способа доставки проб на анализ (контейнерный или бесконтейнерный);
- выбор оптимального диаметра транспортного трубопровода для системы пневматической доставки усредненных проб на анализ;
- выбор необходимых технических средств (типы и количество) для обеспечения автоматического отбора и доставки проб на анализ;
- выбор оптимальной топологии системы автоматического отбора и доставки проб на анализ;
- разработка и моделирование алгоритмов автоматического управления комплексом технических средств системы автоматического отбора и доставки проб на анализ;
- разработка алгоритмического и программного обеспечения системы автоматического отбора и доставки проб на анализ;
- разработка системы автоматизированной диагностики работоспособности системы автоматического отбора и доставки проб на анализ.

Реализация данных требований предполагает интеграцию разнородной информации в рамках создаваемой САПР, для чего необходима автоматизация всех этапов проектирования на единой концептуальной, алгоритмической и программной основе. Технологическое проектирование включает в себя всю совокупность видов проектной деятельности, на входе которой находится разработанная и согласованная с Заказчиком модель системы автоматического отбора и доставки проб на анализ, разработанная на основе утвержденного технического задания на проектирование и полученных от Заказчика необходимых исходных данных, а на выходе — конструкторская и проектная документация, соответствующая заданным технико-экономическим показателям. На основании этих документов могут и должны быть изготовлены, смонтированы и введены в постоянную промышленную эксплуатацию технические и программно-алгоритми-

ческие средства системы автоматического отбора и доставки проб на анализ.

Следовательно, основными задачами автоматического технологического проектирования системы автоматического отбора и доставки проб на анализ являются разработка комплекта технической документации, а целью — сокращение времени на технологическое проектирование, повышение качества принятых проектных решений и минимизация влияния субъективного фактора на результаты проектирования. Для достижения данных целей необходимо разработать и реализовать параллельную стратегию конструкторского и технологического проектирования, что может быть достигнуто путем использования объектных структурно-атрибутивных моделей (ОСАМ) высокого уровня абстракции, которые на эскизном уровне информационного представления включают в себя конструкторские и технологические аспекты. Включение в них технологических аспектов позволяет формировать наборы моделей в пространстве эскизных координат, соответствующих технологическим условиям конкретного предприятия и критериям промышленного производства технических средств системы автоматического отбора и доставки проб на анализ. Это эквивалентно переносу значительного объема проектных работ с этапа рабочего проектирования на этап эскизного проектирования с использованием высокоэффективных специализированных САПР.

Необходимо отметить, что существующие САПР имеют ряд ограничений, которые не позволяют в должной мере учитывать отмеченные выше особенности автоматизации технологического проектирования систем автоматического отбора и доставки проб на анализ. Эти ограничения не позволяют в должной мере реализовать современные повышенные требования, предъявляемые к системам автоматического отбора представительных разовых проб и пневматической доставки усредненных проб на инструментальный анализ. К ним можно отнести:

- существующее моделирование в пространстве исполнительных координат не позволяет исключить субъективный фактор и обнаружить ошибки на ранних стадиях проектирования, т. е. до начала изготовления изделий;
- из-за отсутствия средств для отображения структурно-функциональных свойств системы автоматического отбора представительных разовых проб и пневматической доставки усредненной пробы на инструментальный анализ нет возможности выполнять структурно-логический анализ конструкции технических средств системы,

что предопределяет необходимость ввода дополнительного уровня в системе контроля качества проектирования;

- отсутствие формальных средств контроля внесенных ошибок при изменении конструкций ранее разработанных изделий.

Этим во многом объясняется тот факт, что в существующих САПР не решены проблемы комплексной проработки технологических проектных операций и обеспечения высокой степени безошибочности всех принимаемых проектных решений.

Одним из перспективных направлений является использование концепции безошибочного проектирования и производства, основанной на переносе максимально возможного объема конструкторско-технологических работ на более высокие уровни абстракции с организацией на каждом из них формальных процедур контроля корректности принимаемых проектных решений. Использование высокоуровневых ОСАМ, позволяющих на этапе конструирования перерабатывать обширный объем предметной информации об объектах проектирования, является основой для выполнения последующих этапов проектирования систем автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ с высокой степенью автоматизации и безошибочности.

На рис. 1 показана общая структура технологического проектирования системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ в контексте информатизации проектно-производственных этапов её жизненного цикла. Она позволяет обеспечивать параллельное выполнение различных процессов:

- разработка проекта трасс доставки проб на анализ,

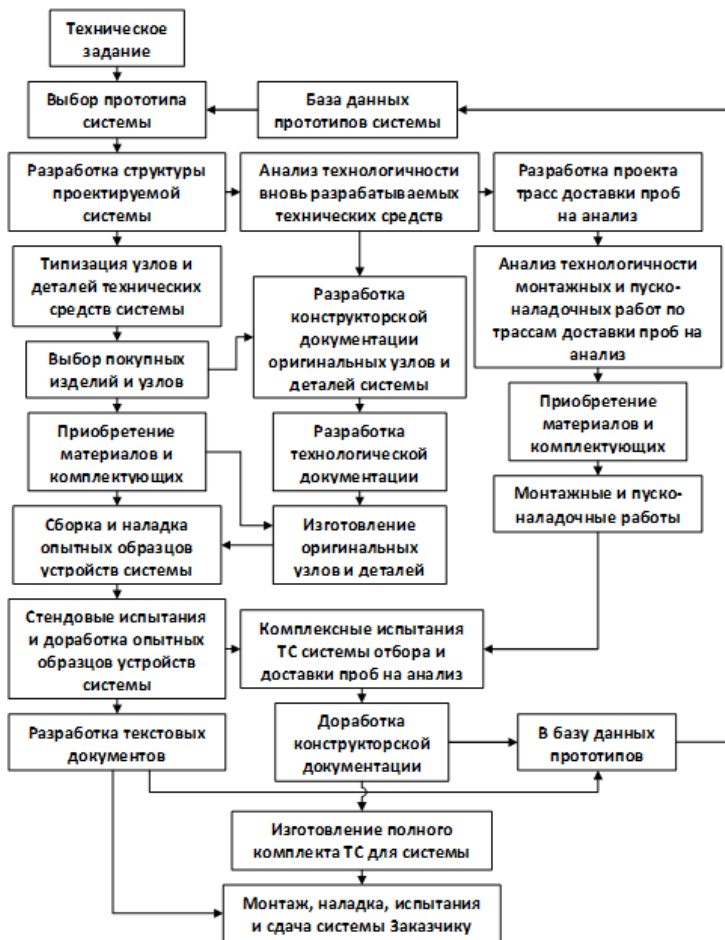


Рисунок 1. Общая структура технологического проектирования системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ

- разработка проектов привязки выбранных технических средств автоматического отбора представительных разовых проб к действующему технологическому оборудованию,
- типизация узлов и деталей для технических средств отбора и доставки проб на анализ,

- приобретение комплектующих изделий и материалов,
- разработка конструкторской документации на оригинальные детали комплекса технических средств отбора и доставки проб на анализ,
- изготовление вновь разработанных оригинальных узлов и деталей системы отбора и доставки проб на анализ,
- проведение стендовых испытаний опытных образцов технических средств системы отбора и доставки проб на анализ,
- комплексные испытания и сдача Заказчику системы отбора и доставки проб на анализ,
- передача вновь разработанной конструкторской, текстовой и проектной документации в базу данных САПР.

Для автоматизации технологического проектирования системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ наиболее подходящим является итерационный многоуровневый метод, при котором весь процесс разделяется на несколько (обычно три) взаимосвязанных уровня, характеризующихся последовательным возрастанием степени детализации принимаемых решений:

$P = P_p \cup P_m \cup P_o$; $P_p \subset P_m \subset P_o$, где P_p — принципиальный уровень, на котором разрабатывается общая структурная схема проектируемой системы; P_m — маршрутный уровень, на котором проектируется маршрут разработки документации и порядок изготовления технических средств системы и определяется их соответствие требованиям технической документации, P_o — операционный уровень, на котором детализируются переходы по каждой операции и формируется полный комплект конструкторской и текстовой документации, который передается в базу данных прототипов системы.

Информационное представление модели i -ой проектной операции технологического проектирования, инвариантное к уровню абстрагирования, формально описывается зависимостью:

$$M_i = \{I_i(X), A_i(X), S_i(X, Y), R_i(X, Y), O_i(Y)\},$$

где: $I_i(X)$ — входной информационный поток;
 $A_i(X)$ — алгоритм реализации проектной операции;
 $S_i(X, Y)$ — множество функциональных отношений;
 $R_i(X, Y)$ — множество ограничений проектной операции;
 $O_i(Y)$ — выходной информационный поток.

Технологическое проектирование системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ представляет собой итеративно-рекурсивный процесс последовательного преобразования информации об объекте проектирования в совокупности с различными видами справочной, дополнительной и вспомогательной информации. Он может быть описан в терминах информационных потоков I , включающих в себя модели объекта проектирования (Mod) и документы (Dok): $I \subseteq Mod \cup Dok$. На каждом этапе технологического проектирования оба множества подвергаются сложным функциональным преобразованиям, которые последовательно уточняют описание объекта проектирования, и формально представляются функциями преобразования:

$$F \subseteq F_{\delta \rightarrow \delta} \cup F_{M \rightarrow M} \cup F_{M \rightarrow \delta} \cup F_{\delta \rightarrow M},$$

где: $F_{\delta \rightarrow \delta}$ — функции взаимного преобразования документов;

$F_{M \rightarrow M}$ — функции взаимного преобразования моделей;

$F_{M \rightarrow \delta}$ — функции преобразования моделей в документы;

$F_{\delta \rightarrow M}$ — функции преобразования документов в модели.

Ключевой на этапе инжиниринга является задача преобразования эскизно-структурной модели системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ в операционную и структурно-атрибутивную модели — в маршрутную модели технологического процесса создания системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ. В общем случае при этом решаются задачи синтеза проектного решения, которые могут быть решены на одном из трех уровней: $U \subset U_1 \subseteq U_2 \subseteq U_3$, где U_1 — уровень конструктивной идентичности, на котором задача синтеза вырождается в поиск существующего аналога, полностью удовлетворяющего требованиям создаваемой системы; U_2 — уровень технологической идентичности, на котором применяются типовые (уже известные и проверенные) проектные решения; U_3 — уровень синтеза нового проектного решения.

На каждом уровне решается задача оценки и фильтрации вариантов в соответствии с определенными критериями, по результатам которой осуществляется переход на нижележащий уровень, либо возврат на один из вышележащих уровней. На практике

эти два приема используются совместно. Поскольку $U_1 \subseteq U_2 \subseteq U_3$, целесообразно использовать именно эту последовательность их применения и переходить на более высокие уровни только после получения отрицательных результатов на предыдущих уровнях.

Список литературы:

1. «Универсальная контейнерная система пневмотранспорта проб на анализ. Основы, принципы построения, конструкция, алгоритмы функционирования». Валерий Хмара. Lambert Academic Publishing. 2012 г. ISBN: 978-3-8433-6602-1. — С. 89.
2. «Система бесконтейнерной доставки проб на анализ. Основы, принципы построения, конструкция, алгоритм функционирования». Валерий Хмара (ред), Юрий Лобоцкий. Lambert Academic Publishing. 2013 г. ISBN: 978-3-659-39689-2. — С. 104.

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОШИБОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТБОРА И ДОСТАВКИ ПРОБ НА АНАЛИЗ

Лобоцкий Юрий Генрихович

канд. техн. наук, ведущий специалист

ООО «Центр инженерно-технического обеспечения»,

РФ, г. Москва

E-mail: lobs@nsi.ru

Хмара Валерий Васильевич

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(Государственный технический университет),

РФ, Республика Северная Осетия, г. Владикавказ

E-mail: khmaraval@yandex.ru

CONCEPTION OF CORRECT DESIGN AND PRODUCTION OF AUTOMATIC SAMPLING AND DELIVERY OF SAMPLES FOR ANALYSIS' SYSTEMS

Yuriy Lobotsky

*candidate of Science, leading expert of LLC "Engineering support center",
Russia, Moscow*

Valeriy Khmara

*doctor of Science, professor of FSBEI HVE North Caucasian Mining
and Smelting Institute (State Technical University),
Russia, the Republic of North Ossetia, Vladikavkaz*

АННОТАЦИЯ

В статье, на основе анализа существующих методов исследования, разработана концепция безошибочного проектирования и производства систем автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ с использованием объектных структурно-атрибутивных моделей (OSAM). Предложена модель, позволяющая усовершенствовать систему автоматического проектирования и управления в автоматизированных проектных организациях.

ABSTRACT

In the article on the basis of existing research methods analysis a conception of correct design and production of automatic sampling and pneumatic delivery of samples for analysis' systems using object structural and attributive models (OSAM) has been developed. A model allowing to improve automated design engineering and control system in automated engineering companies has been proposed.

Ключевые слова: автоматизация проектирования; безошибочное проектирование; математические модели объектов проектирования; инжиниринг и реинжиниринг; жизненный цикл системы.

Keywords: design automation; correct design; mathematical objects of design objects; engineering and re-engineering; system life cycle.

Главной целью при автоматизации проектирования автоматических систем отбора и пневматической доставки проб на анализ (АСОПДП) является максимальное освобождение от субъективных ошибок при проектировании и в процессе производства отдельных устройств создаваемой системы. В основе концепции безошибочного

проектирования и производства (БОПП) систем автоматического отбора и доставки проб на анализ лежит создание комплекса взаимосвязанных моделей высокого уровня абстракции, обладающих необходимой семантической избыточностью, отражающей закладываемые технические и технологические свойства создаваемого комплекса технических средств [1, 2]. Эскизно-структурная, структурно-атрибутивная и графо-аналитическая модели, создаваемые в пространстве эскизных координат в совокупности с формализованными конструкторскими и технологическими требованиями и ограничениями (КТТО) образуют объектные структурно-атрибутивные модели (ОСАМ) высокого уровня абстракции, которые на эскизном уровне информационного представления разрабатываемого проекта включают в себя конструкторские и технологические аспекты и позволяют разработать методы и алгоритмы для автоматического выполнения алгоритмического контроля формирования исполнительных координат на этапе генерации геометрических моделей разрабатываемых технических средств (реинжиниринг прототипной модели).

Исходная информация для автоматизации задач технологического проектирования формируется на стадии конструирования технических средств разрабатываемой системы. Она представляет собой математическую модель объекта проектирования, которая в соответствии с концепцией БОПП, отражает всю совокупность аспектов, необходимых для реализации проектных и производственных операций рассматриваемого этапа жизненного цикла создаваемой системы автоматического отбора и доставки проб на анализ, а именно:

$$M_{ОСАМ} = \left(\bigcup_{i=1}^N (g_i \cup s_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^M \bigcup_{k=1}^{L_i} \bigcup_{j=1}^M S_{i,k}^j \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{l=1, l \neq i}^N F_{i,j}^1 \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M F_{i,j}^2 \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^P f_k \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{k=1}^P K_{i,j,k}^t \right)$$

где: N — количество функциональных элементов АСОПДП;

M — количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования;

L_j — мощность множества структурных элементов j -го уровня декомпозиции объекта;

P — количество внешних структурно-сопряженных связей объекта в рамках модели АСОПДП;

$g_i = \{g_i^g, g_i^p, g_i^v\}$ — вектор геометрических параметров i -го элемента, включающий габаритные размеры, координаты характер-

ристических точек параметрических кривых, задающих форму деталей и параметры визуализации соответственно;

$$S_i = \left\{ S_i^f, S_i^k, S_i^t \right\} \text{ — вектор структурных параметров } i\text{-го элемента,}$$

состоящий из функциональных, конструктивных и технологических параметров соответственно;

$S_{i,k}^j$ — вектор связей k -го структурного элемента i -го уровня декомпозиции с элементами других уровней;

$F_{i,j}^1, F_{i,j}^2$ — внутренние сопряжения элементов объекта проектирования, относящихся к разным иерархическим уровням объекта и к различным элементам одного иерархического уровня соответственно;

f_k — внешние сопряжения объекта в рамках модели АСОПДП;

$K_{i,j,k}^t$ — КТТО, предъявляемые к объекту проектирования.

Переход к высокоуровневым моделям разделяет процесс проектирования АСОПДП на два относительно обособленных и параллельно выполняемых этапа: инжиниринг и реинжиниринг. На этапе инжиниринга формируется модель прототипа создаваемой АСОПДП, в которой учитываются требования утвержденного технического задания, данные о технологических возможностях предприятия — изготовителя оригинальных узлов, деталей и готовых изделий создаваемой системы, а также методы реструктуризации и контроля, подключаемые в разрабатываемую проектную документацию при переходе к исполнительным координатам. Это позволяет распространить необходимый объем знаний производственного уровня жизненного цикла проектируемой АСОПДП на потребительский уровень, закладывая основы безошибочности конструкторского и технологического проектирования системы.

Основой безошибочности проектирования является система КТТО, интегрированная с высокоуровневыми моделями этапа инжиниринга, которая формально представляется следующей группой компонентов:

$$K = K^k \cup K^t = \left\langle K_g, K_s, K_d, K_f, K_o, P, \Psi \right\rangle, \quad (1)$$

где: K_g — ограничения, определяемые геометрией изделия;

K_s — ограничения, определяемые структурой изделия;

K_d — ограничения, определяемые конструкционными материалами;

K_f — ограничения, определяемые элементами сопряжения;
 K_o — ограничения, определяемые технологическими процессами, условиями производства и используемым станочным оборудованием;
 P — предикатные символы, определенные на элементах информационного наполнения ОСАМ АСОПДП;
 Ψ — функция формального отображения, которая ставит в соответствие любому предикатному символу $p \in P$ определенное значение из множества числовых параметров.

Каждый из компонентов системы КТТО разделяется на две непересекающиеся части $K_i = K_i^m \cup K_i^c$, где $i = \{g, s, d, f, o\}$, соответственно, регламентирующих и рекомендуемых ограничений. Поскольку функция Ψ задает отношение порядка на множестве K , оно разделяется на N непересекающихся подмножеств по степени необходимости реализации того или иного ограничения:

$$K_i = \bigcup_{j=1}^N K_{j,i}, \forall i \in \{g, s, d, f, o\}. \quad (2)$$

Безошибочность операции реинжиниринга достигается включением в ОСАМ множества методов $\Omega = \{\omega\}$, определяющих набор проектных решений $\Theta = \{\theta\}$, таких, что каждое из них задает точку модельного пространства АСОПДП, в котором удовлетворяются все элементы КТТО, т.е. все существующие предикаты получают значение истинности. Областью определения методов ω является совокупность свободных переменных $D \subseteq G \cup S$ множества геометрических и конструктивно-технологических параметров.

В соответствии с (2) набор проектных решений может быть представлен в виде

$$\Theta = \bigcup_{j=1}^M \Theta_j = \bigcup_{j=1}^M \left\{ \theta \mid \forall p \in P; \forall \omega \in \Omega : \omega(D) \in \bigcup_{s=1}^L K_s \right\}; L \leq N.$$

Имея значения L , можно генерировать следующие подмножества проектных решений $\Theta_{opt} \subseteq \Theta_p \subseteq \Theta_d \subseteq \Theta$, где: Θ_d — допустимое подмножество, удовлетворяющее регламентирующим КТТО высокого уровня, снятие действия которых нецелесообразно для предприятия на данном этапе его развития; Θ_p — приемлемое подмножество, для которого удовлетворяется максимальное количество регламентирующих ограничений более низкого уровня; Θ_{opt} — оптимальное

подмножество с точки зрения соответствия КТТО, для которого выполняются рекомендуемые ограничения.

Система ограничений, построенная в соответствии с соотношением (1), нормирует выполнение проектных операций всего конструкторско-технологического цикла из жизненного цикла создаваемой системы, включая его прямую информационную стыковку с производственным циклом. Это предполагает выделение следующих уровней интеграции: учет технологических аспектов в процессе конструирования; автоматический синтез маршрутных технологий; автоматическое формирование исходных данных для оптимизации раскроя материалов по совокупности геометрических и технологических критериев; интеграция задач конструкторского и технологического проектирования с задачами управления проектными работами.

Учет технологических аспектов на этапе конструирования обеспечивает поступление на вход автоматизированной системы технологического проектирования моделей системы автоматического отбора и пневматической доставки проб на анализ в исполнительных координатах, безошибочных с точки зрения используемых технологических процессов. Для этого при инжиниринге прототипных моделей с каждым набором технологических параметров p ассоциируется функция применимости $F(p, B)$, которая, помимо p , зависит от набора сопряженных конструктивных элементов B . Реализация функций применимости осуществляется в автоматическом режиме на этапе реинжиниринга с формированием кода завершения операции. Алгоритмы вычислений значений $F(p, B)$ и реакции на коды завершения операции варьируются в зависимости от конкретного предприятия и определяются на этапе инжиниринга.

Автоматический синтез маршрутных технологий базируется на эскизно-структурном, графо-аналитическом и структурно-атрибутивном описании АСОПДП. Для этого в ходе инжиниринга формируется первичный структурированный граф $G_o(A_o, C_o)$, множество вершин которого A_o ассоциировано с элементами декомпозиции (изделиями) АСОПДП, а множество дуг C_o — с характером отношений между ними. В соответствии с ЕСКД при производстве АСОПДП используются следующие виды изделий: **покупные изделия** (D) — изделия не изготавливаемые на данном предприятии, а приобретаемые в готовом виде без какой либо доработки, **детали** (B) — изделия, изготовленные из однородного по наименованию и марке материала, **сборочные единицы** (S) — изделия, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии — изготовителе сборочными операциями и характеризующиеся своим индивидуальным функциональным назначением, **комплекс изделий** (F) —

несколько специфицированных изделий, не соединенных между собой на предприятии — изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Для построения множества A_o используется система соподчиненных уровней, основанная на системе классификации АСОПДП и её элементов, в которой каждая вершина относится к одному из четырех уровней: комплексы изделий (F), сборочные единицы (S), детали (B) и покупные изделия (D):

$$S = \bigcup_{i=1}^I S_j; S_i = \left(\bigcup_{j=1}^m B_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^n D_k' \right);$$

$$B = \bigcup_{i=1}^p B_i; B_i = \left(\bigcup_{j=1}^q D_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^s D_k' \right);$$

$$D = \bigcup D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}; D \cup D = \emptyset$$

где: S — множество сборочных единиц в изделии F ;

B — множество деталей;

D' — множество покупных изделий, не входящих в состав рассматриваемой сборочной единицы;

D — множество покупных изделий, входящих в состав рассматриваемой сборочной единицы,

d_i — покупное изделие, являющееся элементом множества D или D' .

Множество вершин графа G_o является полихроматическим, поскольку с каждым из указанных объектов сопоставляется формальный набор атрибутов. Для синтеза технологических процессов существенными атрибутами являются геометрические характеристики элемента, атрибуты материалов и технологические атрибуты элементов сопряжения.

Множество S_o формируется на основе выделенных с учетом функционально-структурных свойств АСОПДП типов отношений между элементами: вложенности, выравнивания, пропорциональности, симметрии, зеркальности и сопряжения. Для описания различных типов отношений между элементами АСОПДП в графе G_o выделяются подграфы с параллельными ребрами, каждый из которых имеет одинаковое количество вершин и различное количество ребер, отражающих свойства ассоциаций, присущих данному подграфу:

$$G_o = \bigcup_L G_L(A_o, C_L); L \in \{N, Q, S, I, M, P\} \quad (3)$$

где: N, Q, S, I, M, P — множества отношений вложенности, выравнивания, пропорциональности, симметрии, зеркальности и сопряжения между объектами.

В ходе реинжиниринга при добавлении нового конструктивного элемента АСОПДП его локальная система координат, с одной стороны, определенным образом связывается с системой координат модели, а с другой стороны — становится основой создания связей с последующими элементами. Это означает, что полученная модель в исполнительных координатах содержит всю необходимую информацию для автоматического синтеза маршрутной технологии, позволяя реализовать принципы параллельного проектирования для сокращения общего времени конструкторско-технологического этапа жизненного цикла АСОПДП.

Помимо этого, комплексный учет особенностей АСОПДП в ОСАМ, реализуя все указанные уровни интеграции конструкторско-технологического цикла, позволяют создать комплексную САПР для АСОПДП, которая функционирует на единой информационной базе и общей логике управления.

Список литературы:

1. Вороненко В.П. Проектирование машиностроительного производства: учебник для вузов [Текст] / В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе; под ред. чл.-корр. РАН Ю.М. Соломенцева. 2-е изд., стереотип. М.:Дрофа, 2006. — 380 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст]: 4-е изд. /И.П. Норенков М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 430 с.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОНТОЛОГИЧЕСКОМУ ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ГИБРИДНОМУ ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ О СОБЫТИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ В АСУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Котенко Игорь Витальевич

*д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ivkote@comsec.spb.ru*

Саенко Игорь Борисович

*д-р техн. наук, профессор, вед. научн. сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ibsaen@comsec.spb.ru*

THE PROPOSALS ABOUT ONTOLOGICAL REPRESENTATION AND HYBRID DATA STORAGE FOR SECURITY EVENTS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF RAILWAY TRANSPORT

Kotenko Igor Vitalievich

*ph.D., Professor, Head of Laboratory of Computer Security Problems,
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS),
Russia, St. Petersburg*

Saenko Igor Borisovich

*ph.D., Professor, Leading research scientist of Laboratory of Computer
Security Problems, St. Petersburg Institute for Informatics
and Automation of RAS (SPIIRAS),
Russia, St. Petersburg*

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 13-01-00843,
13-07-13159, 14-07-00697) и программы фундаментальных исследо-
ваний ОННТ РАН*

АННОТАЦИЯ

В статье приводится описание гибридного онтологического подхода к построению информационного хранилища для системы управления и мониторинга комплексной безопасностью в АСУ железнодорожного транспорта. Рассматривается задача онтологического моделирования предметной области комплексной безопасности на транспорте. Предлагаются принципы построения архитектуры гибридного онтологического информационного хранилища. Обсуждаются результаты его реализации и использования при моделировании атак.

ABSTRACT

The paper describes the hybrid ontology approach to building a data warehouse for integrated management and monitoring system in the automated control system of railway transport. The problem of ontological modeling of complex transport security domain is considered. The principles for architecture design are proposed for hybrid ontological information storage. The results of its implementation and use in attack modeling are discussed.

Ключевые слова: онтология; хранилище данных; событие безопасности; железнодорожный транспорт; управление безопасностью.

Keywords: ontology; data storage; security event; rail transport; security management.

В настоящее время обеспечение комплексной безопасности на железнодорожном транспорте (ЖТ) тесно связывается с информационной безопасностью АСУ ЖТ, в состав которой входит множество автоматизированных информационных и аналитических системах, а к числу наиболее значимых угроз все в большей степени относятся угрозы со стороны внутренних пользователей — «инсайдеров». Большое число пользователей и прикладных программ, имеющих доступ к защищаемым ресурсам АСУ ЖТ, высокая динамика изменения состава ресурсов в процессе ее функционирования, необходимость эффективного комплексного использования разнородных средств и механизмов управления безопасностью информации — все это приводит к тому, что задача обнаружения уязвимостей и попыток нарушения безопасности, а также противодействия компьютерным атакам существенно усложняется по сравнению с традиционными системами.

Одним из направлений решения данной проблемы является создание развитой системы управления и мониторинга комплексной безопасностью ЖТ, в частности, основанной на концепции «управления информацией и событиями безопасности» (Security Information and Event Management, SIEM) [3, с. 69]. Одной из важнейших задач, решаемых для построения такого рода систем, является сбор данных о событиях безопасности и их централизованное хранение в удобной форме в информационном хранилище [4, с. 31].

Данная задача позволяет реализовать в рамках АСУ ЖТ интеллектуальное многоуровневое информационное пространство. Для его создания предлагается использовать современные языки управления и представления онтологий (RDF, OWL, SWRL и другие), позволяющие моделировать предметную область АСУ ЖТ в онтологическом виде [5, с. 104].

Онтологический подход в настоящее время рассматривается как альтернативный реляционному, но достаточно эффективный способ представлению данных в системах обработки информации сложной структуры. Онтология, используя средства дескрипционной логики, позволяет значительно проще выражать сложные отношения между сущностями предметной области. Онтологическая модель данных и знаний представляется наиболее приемлемой для АСУ ЖТ в силу ее высокой гибкости и ввиду наличия достаточно большого числа программно-инструментальных средств ее реализации. Совместное онтологическое представление информации о состоянии транспортной инфраструктуры, метрик безопасности и возможных контрмер позволяет в реальном времени осуществлять выработку эффективных решений по предупреждению аварий на транспорте

и ликвидации их последствий. Кроме того, математический аппарат, лежащий в основе онтологии, позволяет строить более точные запросы на выборку, и тем самым значительно ускорить время, затрачиваемое аналитическими модулями АСУ ЖТ на обработку данных.

Предлагается создавать онтологическое информационное хранилище для интеллектуального многоуровневого информационного пространства АСУ ЖТ на основе гибридного подхода, в основе которого лежат следующие два базовых принципа [6, с. 309; 7, с. 763]:

- архитектура онтологического информационного хранилища должна быть ориентирована на концепцию сервисно-ориентированной архитектуры (Service-Oriented Architecture, SOA), которая обеспечивает как требуемую независимость функциональных сервисов от сервисов передачи и представления информации, так и их высокую производительность;

- для реализации онтологического представления и его совместимости с традиционными базами данных целесообразно совместно применять различные средства моделирования данных и знаний — реляционные, XML и триплетные, где триплет представляет собой тройку вида «субъект-предикат-объект».

В соответствии с указанными принципами, архитектура гибридного онтологического информационного хранилища АСУ ЖТ может быть разделена на три основных слоя: слоя хранения, слоя представления и слоя сервисов.

Слой хранения включает различные виды хранилищ, такие как реляционное, триплетов и XML-ориентированное.

Слой представления охватывает все элементы, которые обеспечивают взаимодействие с пользователем. Основной особенностью слоя представления является отображение информации и интерпретация входных пользовательских команд с их конвертацией на соответствующие операции в контексте бизнес-логики и источника данных. Здесь обеспечивается: отображение данных, обработка событий, пользовательский интерфейс, сервисные HTTP-запросы, пакетное выполнение интерфейса типа «командная строка» и другие функции.

Слой сервисов является дополнительным слоем между слоем представления и слоем хранения. Он позволяет абстрагировать взаимодействие между одним или многими бизнес-объектами, потоками и сервисами посредством промежуточного API-интерфейса.

Для тестирования предлагаемых решений по построению гибридного онтологического хранилища в АСУ ЖТ был использован компонент разрабатываемой системы управления и мониторинга

комплексной безопасностью, осуществляющий моделирование атак и анализ защищенности транспортной инфраструктуры [1, с. 179; 2, с. 28]. Для этой цели было реализовано хранилище в среде Virtuoso, которое взаимодействует с набором моделей атак [6, с. 311].

Результаты тестирования показали, что в гибридном онтологическом хранилище загрузка и выборка модельных данных происходили более точно и требовали значительно меньших вычислительных затрат. Следовательно, информационное хранилище АСУ ЖТ, реализованное с учетом предлагаемых в настоящей статье решений, обладает более высокой производительностью по сравнению с существующими в ходе решения сложных аналитических задач.

Список литературы:

1. Авраменко В.С., Козленко А.В. Модель для количественной оценки защищенности информации от несанкционированного доступа в автоматизированных системах по комплексному показателю // Труды СПИИРАН. — 2010. — № 13. — С. 172—181.
2. Котенко И.В., Полубелова О.В., Чечулин А.А. Построение модели данных для систем моделирования сетевых атак на основе онтологического подхода // Труды СПИИРАН. — 2013. — Вып. 3 (27). — С. 26—39.
3. Котенко И.В., Саенко И.Б. Предложения по созданию многоуровневой интеллектуальной системы обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем на железнодорожном транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. Научно-технический журнал. — 2013. — № 3(51). — С. 68—78.
4. Котенко И.В., Саенко И.Б., Полубелова О.В., Чечулин А.А. Применение технологии управления информацией и событиями безопасности для защиты информации в критически важных инфраструктурах // Труды СПИИРАН. — 2012. — Вып. 1 (20). — С. 27—56.
5. Полубелова О.В., Котенко И.В., Саенко И.Б., Чечулин А.А. Применение онтологий и логического вывода для управления информацией и событиями безопасности // Системы высокой доступности. — 2012. — № 2, — т. 8. — С. 100—108.
6. Kotenko I., Polubelova O., Saenko I. Data Repository For Security Information and Event Management in Service Infrastructures // Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography 2012 (SECRYPT 2012). 2012. — Pp. 308—313.
7. Kotenko I., Polubelova O., Saenko I. The Ontological Approach for SIEM Data Repository Implementation // Proceedings of the 2012 IEEE Int. Conf. on Green Computing and Communications, GreenCom 2012, Conf. on Internet of Things, iThings 2012 and Conf. on Cyber, Physical and Social Computing, CPSCom 2012. — Pp. 761—766.

**ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ЭКСТРУДЕРА 3D-ПРИНТЕРА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MCU/FPGA**

Мусяенко Максим Павлович

*д-р техн. наук, заведующий кафедрой информационных технологий
и программных систем, профессор Черноморского государственного
университета имени Петра Могилы (ЧГУ),
Украина, г. Николаев
E-mail: musienko2001@ukr.net*

Бугаев Виктор Иванович

*бизнес-консультант, Московский физико-технический институт
(государственный университет),
РФ, г. Москва
E-mail: yik362@list.ru*

Крайнык Ярослав Михайлович

*аспирант, ЧГУ,
Украина, г. Николаев
E-mail: codebreaker7@mail.ru*

Денисов Алексей

*соискатель, ЧГУ,
Украина, г. Николаев
E-mail: maildenisov@gmail.com*

RISING PERFORMANCE OF EXTRUDER'S POSITIONING IN 3D-PRINTER WITH USE MCU/FPGA

Musiyenko Maksim

*doctor of Science, Head of Information Technologies and Software
Systems Department, professor of Petro Mohyla Black Sea State University,
Ukraine, Nikolaev*

Bugaev Viktor

*Business-Consultant,
Moscow Institute of Physics and Technology State University,
Russia, Moscow*

Krainyk Yaroslav

*post-graduate, Petro Mohyla Black Sea State University,
Ukraine, Nikolaev*

Denisov Alexei

*candidate, Petro Mohyla Black Sea State University,
Ukraine, Nikolaev*

АННОТАЦИЯ

Целью статьи является исследование метода повышения быстродействия позиционирования экструдера 3D-принтера в системе управления с использованием модулей MCU/FPGA. Рассматривается позиционирование для случая построения линии и окружности. В качестве метода расчета траектории движения используется алгоритм Брезенхема. Предложенная модификация этого алгоритма привела к уменьшению количества выполнения операций за счет замены сложных операций более простыми. Выполнено сравнение производительности модулей MCU и FPGA для случаев построения линии и окружностей, показано преимущество FPGA.

ABSTRACT

The target of the article is research improvement of extruder's positioning in 3D-printer in asymmetrical system based on MCU/FPGA. Problem of positioning for linear and circle interpolation is considering. Bresenham algorithm is used for movement calculation. Proposed modification of the algorithm allows getting decreased number of operations. The modification bases on replacing complex operations with simple one.

The comparison of performance between FPGA and MCU in line and circle construction is provided. The advantage of FPGA is shown.

Ключевые слова: позиционирование экструдера; MCU/FPGA; алгоритм Брезенхема.

Keywords: extruder's positioning; MCU/FPGA; Bresenham Algorithm.

Вопросы позиционирования экструдера включают в себя множество проблемных аспектов, среди которых можно выделить низкое быстродействие самой системы управления позиционированием, что приводит к низкой скорости печати в целом. Поэтому обеспечение максимального быстродействия при проведении вычислительных операций является важным вопросом разработки систем управления.

В 3D-принтере траекторию движения экструдера необходимо указывать относительно трех координатных осей. При этом следует учитывать, что точность перемещения можно обеспечить за счет увеличения количества дискретных шагов (положений) управляемого устройства на всей траектории. Таким образом, расчет траектории движения для 3 координатных осей с учетом требования высокой точности позиционирования является задачей, требующей значительных вычислительных ресурсов от управляющего устройства.

Чаще всего управляющим устройством в системах позиционирования экструдера является микроконтроллер (MCU) [4], на который возложено выполнение всех функций работы принтера, что приводит к низкой скорости выполнения вычислительных операций. В других случаях в системах позиционирования используется пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор [2], однако процесс расчета для такого регулятора является ресурсоемким и требует выполнения большого числа вычислительных операций, что негативно сказывается на быстродействии системы.

Одним из способов увеличения скорости вычислений является использование в качестве дополнительного вычислительного ресурса модуля вентилярных матриц (FPGA), на который возлагают часть расчетных функций.

Целью работы является повышение быстродействия позиционирования систем со связкой MCU/FPGA за счет исследования и модификации алгоритмов, способных обеспечить выполнение операции позиционирования за меньшее количество вычислительных операций, а также возможность замены сложных операций деления

и умножения на более простые, например, выполнение арифметического сдвига в целом числе и др.

В работе проведены исследования производительности управляющих модулей системы в ходе выполнения расчетов по алгоритму Брезенхема [3, 1], который дает возможность получить целочисленное решение. Для получения численных данных работы микроконтроллера использовалась максимальная оптимизация кода по производительности. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Количество тактов, затрачиваемых на расчеты для линии

Исходные данные	$p_1(0, 0);$ $p_2(3, -3)$	$p_1(-1, 0);$ $p_2(3, -3)$	$p_1(-2, 0);$ $p_2(3, -3)$	$p_1(-3, 0);$ $p_2(3, -3)$
1-я итерация	13	13	13	13
Полный расчет	66	77	88	99

Таблица 2.

Количество тактов, затрачиваемых на расчеты для окружности

Начальные данные	$C(0, 0), R = 3$	$C(1, 1), R = 5$
Первая итерация	46	67
Полный расчет	132	191

При расчете для построения линии на первую итерацию уходит одинаковое количество тактов — 13, в то время как при расчете для окружности длительность первой итерации изменяется в зависимости от начальных координат и радиуса. Количество тактов, затрачиваемых на весь цикл расчета, для случая построения линии постепенно увеличивается в зависимости от ее длины, а также в зависимости от ее наклона: чем меньше наклон линии, тем меньше операций присваивания необходимо выполнить.

Кроме того, из таблиц видно, что выполнение одной итерации для вычисления следующей точки для окружности требует намного больше времени, чем для расчетов для линии.

Для получения результатов расчетов FPGA для построения линии использован стандартный алгоритм, а для окружности — модифицированный в работе алгоритм Брезенхема. В основу модификации положено использование операции отображения точек с разделением

плоскости построения на 8 октантов, что позволяет избежать выполнения большого количества расчетных операций [1].

Алгоритмическая реализация используемого метода для построения окружности может быть представлена автоматом, граф состояний которого показан на рис. 1.

Состояния, представленные на рисунке 1, имеют следующие функциональные назначения: S_0 — состояние инициализации; S_1 — получение первого значения для отображения; S_2 — коррекция параметров с учетом значений первого расчета; S_3 — выполнение отражения и получение значений координат для всех точек окружности; S_4 — вывод полученных значений на выходы устройства; S_5 — отправка сигнала о завершении расчета.

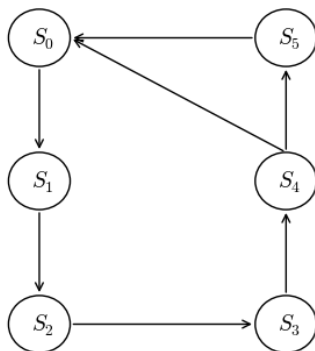


Рисунок 1. Граф состояний для реализации модифицированного алгоритма Брезенхема

Программная реализация алгоритма Брезенхема для FPGA выполнена с помощью языка описания схмотехники VHDL. Для проверки результатов работы модифицированного алгоритма для окружности использованы среда разработки ISE 14.2 и программный симулятор ISim. Результаты симуляции представлены на рисунке 2.

На рисунке хорошо видно, что на вычисление следующей точки затрачивается всего 4 тактовых импульса после подачи сигнала о начале вычислений (сигнал на линии clk). Также указаны изменения состояний в процессе вычислений в соответствии с рассмотренным выше графом.

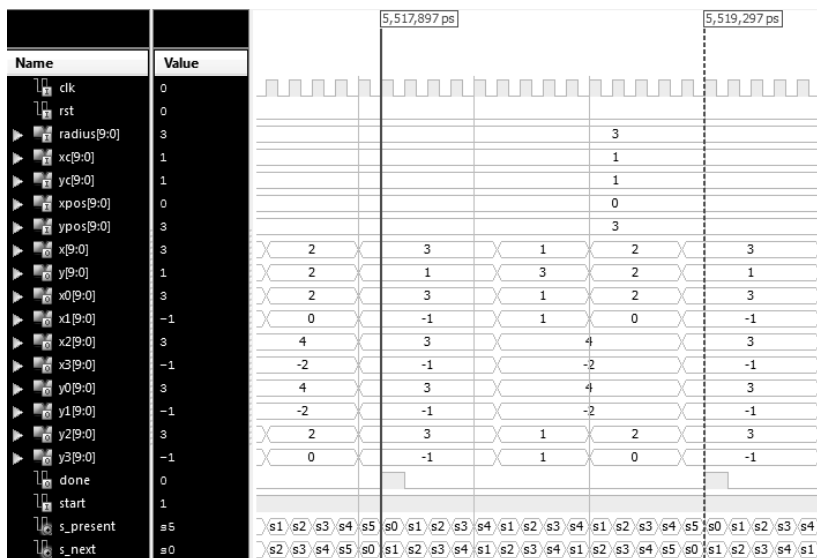


Рисунок 2. Результат симуляции реализованного алгоритма

Таким образом, в работе показано, что использование связки FPGA с MCU позволяет получить существенный выигрыш в быстродействии системы позиционирования экструдера 3D-принтера. Величина выигрыша зависит от количества точек, которые используются в ходе описания траектории движения экструдера. Выполнение замены операций деления и умножения на операции целочисленного сдвига в модифицированном алгоритме Брезенхема для окружности позволило добиться увеличения скорости позиционирования.

Список литературы:

1. Денисов А. Применение FPGA и алгоритмов Брезенхема для повышения быстродействия в системах позиционирования // Компоненты и технологии. — № 10. — 2013. — с. 97—100.
2. Pirated CupCake [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://reprap.org/wiki/Pirated_CupCake (дата обращения 25.11.2013).
3. Reprap host software [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://reprap.org/wiki/Reprap_host_software (дата обращения 25.11.2013).
4. RepRap Options [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://reprap.org/wiki/RepRap_Options#The_controller (дата обращения 25.11.2013).

МЕТОДИКА И КОМПЛЕКС ПРОГРАММ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Прошин Иван Александрович

*д-р техн. наук, зав. кафедрой
«Автоматизация и управление», профессор
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза*

E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru

Салмов Евгений Николаевич

*аспирант кафедры «Автоматизация и управление»,
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза*

E-mail: salmov.e.n@gmail.com

TECHNIQUES AND SOFTWARE COMPLEX FOR MULTILINKED ELECTRIC DRIVE MODELING

Ivan Proshin

*doctor of technical sciences, head of "Automation and Control" department,
professor of Penza State Technological University,
Russia, Penza*

Evgeniy Salmov

*graduate student of "Automation and Control" department,
Penza State Technological University,
Russia, Penza*

АННОТАЦИЯ

Работа направлена на разработку методики и комплекса программ моделирования многосвязных вентильно-электро-механических систем с использованием различных преобразователей и способов управления.

ABSTRACT

The work is aimed at developing techniques and software complex for simulation of multilinked gate-electromechanical systems using different converters and control methods.

Ключевые слова: комплекс программ; многосвязный электропривод; моделирование.

Keywords: software complex; multilinked electric drive; modeling.

Проведение исследований и оценка эффективности работы различных приводов на базе разнообразных типов вентильных (ВП) и электромеханических (ЭМП) преобразователей [1, 3], одно и много-двигательных вентильно-электромеханических систем (ВЭМС) с различными исполнительными механизмами (ИМ), а также алгоритмов управления ими в условиях интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) [4—7] обуславливают необходимость создания программных средств, обеспечивающих проведение комплексных исследований управляемых ВЭМС, как в динамических, так и статических режимах.

Цель настоящей работы — разработка методики и комплекса программ компьютерно-имитационного моделирования многосвязных вентильно-электромеханических систем с использованием различных преобразователей и способов управления в условиях ИКСАЛ.

В качестве критериев оценки приняты время пуска, количество затрачиваемой энергии, коэффициент полезного действия, максимальные пусковые токи, точность поддержания момента, точность поддержания натяжения вырабатываемой продукции. Предлагаемая методика исследований основана на выполнении множественных моделирований для различных типов ВП, ЭМП и алгоритмов управления и включает в себя совокупность следующих этапов.

1. Задают типы связей между взаимодействующими секциями и формируют структуру многосекционной электромеханической системы.

2. Для каждой секции электромеханической системы выбирают диапазон нагрузок, определяемый максимальным моментом инерции рабочего органа конкретной секции.

3. Для каждой секции, исходя из предполагаемых условий эксплуатации, задают набор допустимых типов электродвигателей (ЭД).

4. С учётом выбранного типа двигателя для каждой секции задают набор допустимых типов вентильных преобразователей.

5. Выбирают критерий эффективности выбора способа управления, алгоритма и типа системы управления.

6. Для заданной многосекционной электромеханической системы проводят моделирование динамических и статических режимов при вариации алгоритмов и способов управления с расчётом полной и полезной мощности и энергии, КПД, мгновенных, максимальных и усреднённых величин токов, ударных моментов, скорости.

7. Результаты моделирований, сведённые в матрицы, сохраняют в базу результатов и представляют в виде поверхностей с оценкой эффективности способов и алгоритмов управления по заданным критериям.

Реализация исследования на базе предлагаемой методики математического моделирования многосекционных многосвязных систем «ВП-ЭД-ИМ» предъясвляет к комплексу программ математического моделирования следующие требования: моделирование при различных типах ВП; моделирование при различных типах ЭД; моделирование работы ВЭМС при частотном, векторном, квази-частотном, фазоимпульсном и комбинированном управлении; моделирование при различных алгоритмах управления; моделирование статических и динамических режимов работы электродвигателя с использованием минимального количества его состояний (трехфазный, двухфазный, выбега); представление переменных в моделях в относительных единицах; возможности графической визуализации результатов; возможность сохранения и систематизации результатов моделирования; возможность обмена данными с другими программами; возможность наращивания функциональности; возможность дальнейшей обработки результатов моделирований.

При проектировании комплекса программ были выделены три группы модулей. Первая группа предназначена для организации графического пользовательского интерфейса, контроля ввода данных, визуализации результатов. Во вторую группу входят модули, реализующие моделирование. Модули третьей группы выполняют функции хранения исходных данных и результатов.

Комплекс программ включает в себя подсистемы: графического пользовательского интерфейса; моделирования и формирования алгоритмов управления; математического моделирования; хранения данных (рисунок 1). В качестве примера моделирования на рисунке 2 приведены окно программы и переходные характеристики тока, момента и скорости в системе «непосредственный преобразователь электроэнергии — асинхронная машина (НПЭ-АД)» для вентильного преобразователя с однократной модуляцией.



Рисунок 1. Структура комплекса программ

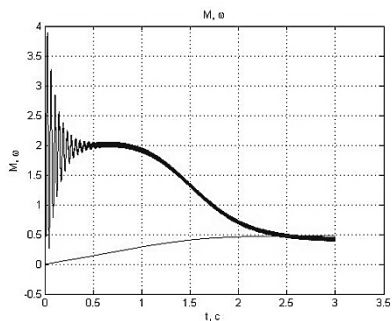
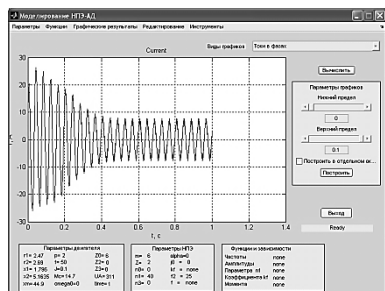


Рисунок 2. Переходные характеристики тока, момента и скорости в системе НПЭ-АД

Разработанная методика и комплекс программ компьютерно-имитационного моделирования многосекционных многосвязных систем «ВП-ЭД-ИМ» в динамических режимах объединяет множественные исследования и комплексную оценку эффективности системы заданной структуры при различных вариантах нагрузок, типов электродвигателей, вентильных преобразователей, алгоритмов и способов управления.

Список литературы:

1. Прошин И.А., Бурков В.В. Математическое моделирование процессов центрифугирования // Вестник Воронежского государственного технического университета. Воронеж, — 2010. — Т. 6, — № 11. — С. 71—74.
2. Прошин И.А., Бурков В.В. Программное средство исследования ВЭМС на базе асинхронного двигателя (пакет расширения Matlab). // Вестник Воронежского государственного технического университета. Воронеж, — 2010. — Т. 6, — № 10. — С. 100—103.
3. Прошин И.А., Бурков В.В., Кутузов Е.А., Усманов В.В. Программное средство «НПЭ-АД» для исследования вентильно-электромеханических систем с асинхронным электродвигателем (Пакет расширения к системе Matlab 6.0) Заявка №2004610841. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611397 от 4.06.2004.
4. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Интегрированный электромеханический комплекс // В мире научных открытий. Красноярск, — 2010. — № 4—8. — С. 27—30.
5. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара, — 2009. — Т. 11. — № 5—2. — С. 531—536.
6. Прошин Д.И., Прошин И.А., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара, — 2009. — Т. 11., — № 5—2. — С. 527—530.
7. Прошин Д.И., Прошин И.А., Прошина Р.Д. Интегрированный комплекс научных исследований и проектирования морской техники и технологий // Вестник Астраханского государственного технического университета. Астрахань, — 2010. — № 1. — С. 20—29.

ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Прошин Иван Александрович

*д-р техн. наук, зав. кафедрой
«Автоматизация и управление», профессор
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru*

Сюлин Павел Витальевич

*аспирант кафедры «Автоматизация и управление»,
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: spavel@live.ru*

PRINCIPLES OF INFORMATION PROCESSING IN THE SYSTEM ENVIRONMENTAL MONITORING

Ivan Proshin

*doctor. tehn. sciences, head department "Automation and Control",
professor of Penza State Technological University,
Russia, Penza*

Pavel Siulin

*graduate student of "Automation and Control",
Penza State Technological University,
Russia, Penza*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является анализ принципов обработки информации в системном экологическом мониторинге. В систему обработки информации введён метод генерализации, обеспечивающий представление экологической информации в интегрированном виде

ABSTRACT

The aim is to analyze the principles of information processing in environmental monitoring system. In the information processing system

introduced a method of generalization, providing of environmental information in an integrated manner

Ключевые слова: генерализация; информация; мониторинг; экология.

Keywords: generalization; information; monitoring; ecology.

Предприятия химии и нефтехимии относят к наиболее экологически опасным производственным объектам, требующим непрерывного мониторинга и контроля разнообразных физических и химических процессов и явлений, определения состава и свойств многокомпонентных систем.

Получение достоверной информации и качество управления в этих системах в полной мере определяется методами обработки информации, используемыми моделями и методами определения показателей, индикаторов и индексов экологического состояния окружающей среды и производственных объектов [1—4].

В экосистеме выделим в качестве объектов системного информационного мониторинга, контроля и управления производственные объекты и окружающую среду (рисунок 1).

За основные объекты экологического мониторинга окружающей среды примем её основные компоненты: атмосферу, воду, почву, ресурсы. В производственном объекте выделим: технологические процессы, оборудование, выпускаемую продукцию, отходы и технологии переработки отходов. Предмет информационного оценивания и наблюдения за экологическим состоянием экосистемы — оценка эколого-технико-экономических свойств компонент и экосистемы в целом с учётом состава, процесса, свойств и явлений (эффект), физической, химической и биотической составляющих природной среды и производственных объектов.

Создание систем экологического мониторинга, контроля и управления обуславливает необходимость разработки и внедрения эффективных информационных технологий сжатия, комплексирования и интерпретации исходных данных, создания единой системы информационных показателей, индикаторов и индексов, отражающих в наиболее удобной и наглядной форме достоверную информацию о текущем состоянии экологической системы.



Рисунок 1. Обработка информации в системном экологическом мониторинге

За основу организации информационной системы экологического мониторинга примем информационную пирамиду, представленную на рисунке 2, отличающуюся от известных наличием в ней процедуры экологической генерализации, под которой понимается совокупность действий по выделению и формализации на основе общего принципа целостной генеральной совокупности признаков и единицы анализа экосистемы, отражающих в их сходстве и различии экологическое состояние объекта, элиминации исключительных (неповторимых) признаков с концентрацией в контексте генеральной совокупности в единое целое необходимой и достаточной информации эколого-технико-экономического характера.

Общий механизм формирования эколого-технико-экономической информации включает в себя получение исходных данных о пара-

метрах технологических процессов, составе, процессах, свойствах, явлениях с использованием стандартных методов. Полная информация об экологическом состоянии объекта содержит множество разрозненных физических, химических и биологических данных о состоянии окружающей среды, о состоянии оборудования, выпускаемой продукции, отходах и технологиях их переработки.

На этапе первичной обработки исходных данных информация получаемая известными методами нормируется с использованием баз данных, содержащих множество нормативов, показателей, физических и химических параметров, математических моделей, алгоритмов и методов. Здесь важно провести фильтрацию, сглаживание и отбор данных с целью получения достоверных информации, поскольку любые искажения информации на этом этапе, в конечном счёте, могут привести к принятию неверных решений, что, в свою очередь, приведёт к снижению эффективности природоохранных мероприятий.



Рисунок 2. Информационная пирамида экологического мониторинга

Использование получаемой на этом этапе информации для принятия решений и управления практически неизбежно, приводит к значительным ошибкам, и малоэффективно, поскольку информация здесь содержится в значительных массивах разрозненных данных, мало структурирована, отсутствует целостное представление информации об экологическом состоянии системы.

Введённый уровень «экологическая генерализация» обеспечивает выбор системы показателей, индикаторов и объединение их в индексы на основе принятой системы методов и методик формирования экологической информации, удобной для восприятия, анализа и принятия эффективных решений. Здесь производится структурирование, сжатие, агрегирование и комплексирование информации, обеспечивающей оценку системы как единого эколого-техно-экономического комплекса. Полученная в результате обработки информация обеспечивает оценку текущего состояния и прогнозирование будущего состояния экологической системы, предотвращения экономических потерь, снижение риска аварий и предотвращение катастроф.

Список литературы:

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение. Самара: Самарский научный центр РАН, — 2012. — Т. 14, — № 1(2). — С. 425—428.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: «Морская техника и технология». — 2009. — № 1. — С. 110—115.
3. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. — 2013. — № 6. — С. 151—154.
4. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // Экологические системы и приборы. — 2013. — № 12. — С. 26—32.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СОСТОЯНИЯ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Прошин Иван Александрович

*д-р техн. наук, зав. кафедрой
«Автоматизация и управление», профессор
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru*

Долгов Георгий Геннадьевич

*магистрант кафедры «Автоматизация и управление»,
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: dolgowgg@mail.ru*

PROGRAM COMPLEX STATE ENTERPRISE ASSETS

Ivan Proshin

*doctor tehn. sciences, head, department "Automation and Control",
professor of Penza State Technological University,
Russia, Penza*

Georgi Dolgov

*undergraduate department of "Automation and Control",
Penza State Technological University,
Russia, Penza*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является анализ принципов обработки информации в системном производственном мониторинге. В систему обработки информации введён метод оценки технического состояния единицы оборудования, обеспечивающий представление информации об активах предприятия в интегрированном виде.

ABSTRACT

The aim is to analyze the principles of information processing in the production monitoring system. In the information processing system introduced a method for assessing the technical condition of a piece

of equipment that provides reporting on the assets of an entity in an integrated manner.

Ключевые слова: актив; оценка; оборудование; информация.

Keywords: asset; assessment; equipment; information.

Программный комплекс реализует сбор данных оборудования предприятия (информацию о пуско-наладочных испытаниях, ремонтах, протоколах испытаний и т. п.), анализирует текущие параметры и даёт сведения о состоянии комплексного объекта или конкретной единицы оборудования, а также определяет уровень управляющего воздействия на единицу оборудования — ремонт или замену.

Оборудование основной и распределительной сети предприятия постоянно подвергается диагностике — мероприятиям, направленным на получение и оценку текущих значений параметров оборудования, предварительную обработку информации [1, 2]. Диагностика включает в себя измерения, испытания и осмотры, на основании которых формируется база данных программного комплекса.

Под единицей оборудования (ЕО) понимается актив, отнесённый к группе оборудования согласно классификатору, для которого планируются и проводятся мероприятия по техническому обслуживанию, диагностике, ремонтам и заменам.

Совокупность материальных активов предприятия, непосредственно участвующих в передаче и распределении электроэнергии, в том числе объекты электросетевого хозяйства — линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты и иное, предназначенное для обеспечения электрических связей и осуществления передачи электрической энергии оборудование, отнесём к производственным активам.

С целью повышения эффективности управления производственными активами создана система управления производственными активами (СУПА), представляющая собой взаимосвязанные и совместно используемые для управления активами предприятия:

- правила, методики, алгоритмы;
- схемы процессов и показатели эффективности;
- информационные и управляющие системы.

В работе под управлением производственными активами понимается совокупность действий по организации воздействия на объект (правила, методики, алгоритмы; организационные документы (процессов, регламентов и т. п.)) на основании информации

об оборудовании и параметрах процесса для изменения его текущего состояния с некоторой целью (оптимальное управление затратами, рисками и производительностью активов (оборудования) на всем протяжении его жизненного цикла и достижения целевых показателей деятельности предприятия).

В качестве критерия оптимального управления выберем комплексный критерий, формируемый на основе ключевых показателей, так называемая система КПЭ (система ключевых показателей эффективности). Данная система конкретно определяет показатели, благодаря которым можно дать оценку эффективности (время непрерывной работы, оценка показателей диагностики, минимум затрат, риск, индекс состояния (ИС) и другие...).

Для реализации вышеизложенного создана автоматизированная система управления паспортизации электросетевого оборудования (АСУПЭО) — программный комплекс, позволяющий управлять производственными активами предприятия.

На состояние оборудования влияет множество критериев и факторов. Чтобы определить в каком состоянии находится наблюдаемый актив, введём понятие весового коэффициента критерия (вес) — вещественное числовое значение от 0 до 4 (0 — не влияет на состояние ЕО, 4 — наибольшее влияние), которое определяет степень влияния критерия на состояние ЕО или её компонента.

Всё оборудование предприятия целесообразно разделить на группы оборудования (ГО) — единицы оборудования (активы), объединённые по принципам общности функционирования и состава диагностируемых технических параметров, а так же принципов изменения вероятности отказа в зависимости от возраста. Для каждой группы оборудования существует алгоритм оценки технического состояния. Примеры групп оборудования: измерительные трансформаторы 35—100 кВ, масляные выключатели 6—10 кВ.

Для каждой единицы оборудования необходимо собрать как можно больше полной информации. Так как полное владение информацией об активе позволяет объективно и верно определить его состояние. Поэтому введём понятие достаточности данных — числовой показатель в диапазоне 0—100 %, отражающий долю от общего количества параметров (с учётом весов критериев, к которым они относятся), необходимый и достаточный для расчёта индекса состояния единицы оборудования. Достаточность данных позволяет сделать вывод о состоятельности ЕО. Состоятельность — числовой показатель 0 или 1 (0 — данных не достаточно, 1 — данных

достаточно), отражающий достаточность данных для расчёта ИС или оценки критерия.

Индекс состояния (ИС) это безразмерная числовая величина, нормируемая к 100 (0 — наихудшее состояние, 100 — наилучшее), характеризующая техническое состояние единицы оборудования или её компонента. ИС рассчитывается как взвешенная сумма оценок критериев состояния, которые формируются на основе измеряемых параметров оборудования.

Наряду с группами оборудования существует такое понятие, как комплексный объект (объединение ЕО различных групп оборудования в комплекс, связанных друг с другом функционально и расположенных на одном техническом месте). Алгоритм оценки технического состояния основного электросетевого оборудования вводит следующие типы комплексных объектов: ПС (подстанция), КТП (комплексная трансформаторная подстанция), РУ (распределительное устройство), ЛЭП (линия электропередач). Данный алгоритм представлен на рисунке 1.

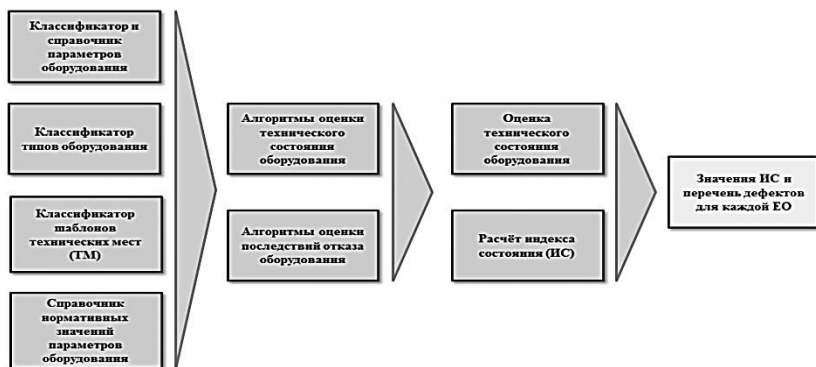


Рисунок 1. Обобщенная схема оценки технического состояния единицы оборудования

Таким образом, разработанная автоматизированная система управления паспортизации электросетевого оборудования обеспечивает сбор в единую базу данных информацию о техническом состоянии производственных активов, автоматизации процессов планирования диагностики, ремонтов и замен оборудования. Предприятие, при этом, обладает полной информацией о своих активах, а также может быстро и своевременно управлять ими, избегать рисков, внеплановых затрат, правильно и рационально осуществлять свою деятельность.

Список литературы:

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение. Самара: Самарский научный центр РАН, — 2012. — Т. 14, — № 1(2). — С. 425—428.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: «Морская техника и технология». — 2009. — № 1. — С. 110—115.

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ ВУЗА В ЦЕЛОМ

Сироткин Григорий Вячеславович

аспирант

Астраханского государственного технического университета,

РФ, г. Астрахань

E-mail: sgv.astr@yandex.ru

COGNITIVE MODEL NEW QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF EDUCATION UNIVERSITY IN GENERAL

Sirotkin Grigoriy Vyacheslavovich

postgraduate Astrakhan State Technical University,

Russia, Astrakhan

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты когнитивного моделирования новой системы управления качеством образования вуза в целом в виде когнитивной карты, матрицы весов и когнитивной структуризации системы.

ABSTRACT

The cognitive modeling results of the new university education system quality management, which describe the mechanism of the system, scenarios of possible developments, structural properties.

Ключевые слова: когнитивная модель; управление качеством образования вуза; нечетко-когнитивное моделирование.

Key words: the cognitive model; university education quality management; fuzzy cognitive modeling.

На сегодня действующие системы менеджмента качества недостаточно обеспечивают качество образования вузов. Для повышения их эффективности необходима новая система управления качеством образования вуза не взамен действующим системам, а в дополнение к ним [6]. Для этого предлагается использовать методологию когнитивного моделирования, которая может быть основой разработки когнитивной модели новой системы управления качеством образования вуза, поскольку когнитивные технологии считаются весьма перспективными при разработке слабоструктурированных и слабоформализованных систем. Когнитивное моделирование помогает быстро получить первичные результаты, более подробно разобраться в моделируемой системе, выявить закономерности и потом перейти к более точным моделям. Методика построения и анализа когнитивных карт подробно описана в [1, 2, 4]. В качестве основы для построения когнитивной модели управления качеством образования вуза в целом предлагается использование нечетких когнитивных карт Силова [3, 5].

Вопросы применения нечетко-когнитивного моделирования в образовании рассматривались. Вокуева Т.А. применяет метод для моделирования приемной компании, Камаев В.А. и др. рассматривают проблему с точек зрения трех основных субъектов системы высшего образования: учащиеся (студенты, аспиранты), сотрудники вуза (преподаватели, руководство вуза и т. п.), потребители образовательных услуг (государство, бизнес, промышленность и т. п.). Есть и другие аналогичные работы. Однако в рамках когнитивного подхода внимание к вопросу управления качеством образования вуза в целом не уделялось. Нечетко-когнитивное моделирование в образовании применялось лишь для моделирования отдельных элементов образовательной среды. Поэтому является актуальным разработка и исследование когнитивных моделей эффективного управления качеством образования вуза в целом.

Таким образом, новизна проводимой автором работы заключается в использовании когнитивного подхода для решения новой, крайне актуальной и многогранной задачи повышения качества высшего образования вуза в целом.

Несомненна и практическая значимость настоящего исследования. Построенная модель, при помощи нечеткого когнитивного моделирования, позволит:

1. Выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на всю систему в целом и выработать оптимальные стратегии поведения, а также показатели качества образования и критерии их оценки, которые обеспечат достижение установленных целей.

2. Повысить эффективность процессов в моделируемой системе, оптимизировать их и улучшить, путем изменения параметров влияющих на функционирование структуры.

3. Исследовать структуру системы и получить прогнозы её поведения при различных управляющих воздействиях для нахождения оптимальных стратегий управления.

4. Прогнозировать состояние системы во времени и проведение оценки текущей ситуации.

5. Подтвердить, что структура управления выстроена правильно.

6. Оценить возможные последствия решений и определить, могут ли эти решения дестабилизировать систему, и какие качественные изменения произойдут в концептах после того, как эти решения будут выполнены.

В результате анализа рассматриваемой предметной области нами были выделены 37 факторов (концептов), влияющих на качество образования вуза в целом (табл. 1), которые составят основу новой системы [7]. Ниже на их основе нами будет построена когнитивная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом.

При построении нечеткой когнитивной карты нам необходимо ответить на множество вопросов, которые можно в общем виде описать двумя вопросами-шаблонами:

- Есть ли причинно-следственная связь между факторами А и В, и если да, то какой из факторов А и В является причиной, а какой — следствием?

- Усиливается или ослабляется концепт-следствие в результате усиления (ослабления) концепта-причины и в какой степени это усиление (ослабление) проявляется?

Таблица 1.**Факторы, влияющие на качество образования вуза в целом**

№ п/п	Описание фактора
1	Международные
2	Европейские
3	Национальные
4	Сертификационные
5	Профессиональные
6	Корпоративные
7	Профессорско-преподавательский состав
8	Сотрудники
9	Абитуриенты
10	Обучающиеся
11	Образовательные программы
12	Образовательный процесс
13	Дополнительное образование
14	Внеучебная деятельность
15	Производственная и преддипломная практика
16	Содействие в трудоустройстве выпускников
17	Правовые требования
18	Юридические факторы, обеспечивающие безопасность жизнедеятельности
19	Приоритеты распределения доходов вуза
20	Материально-техническая база
21	Научно-методическое обеспечение
22	Международная деятельность
23	Научная деятельность
24	Инновационная деятельность
25	Информационная деятельность
26	Издательская деятельность
27	Партнерская деятельность
28	Финансово-экономическая деятельность
29	Строительная деятельность
30	Маркетинговая деятельность
31	Маркетинг образовательных услуг
32	Энергосбережение и энергоэффективность
33	Информационный ресурс
34	Мониторинг рынка образовательных услуг и труда
35	Оценка преподавателем качества знаний студентов
36	Самоконтроль качества образования студентами
37	Анализ недостатков и их устранение

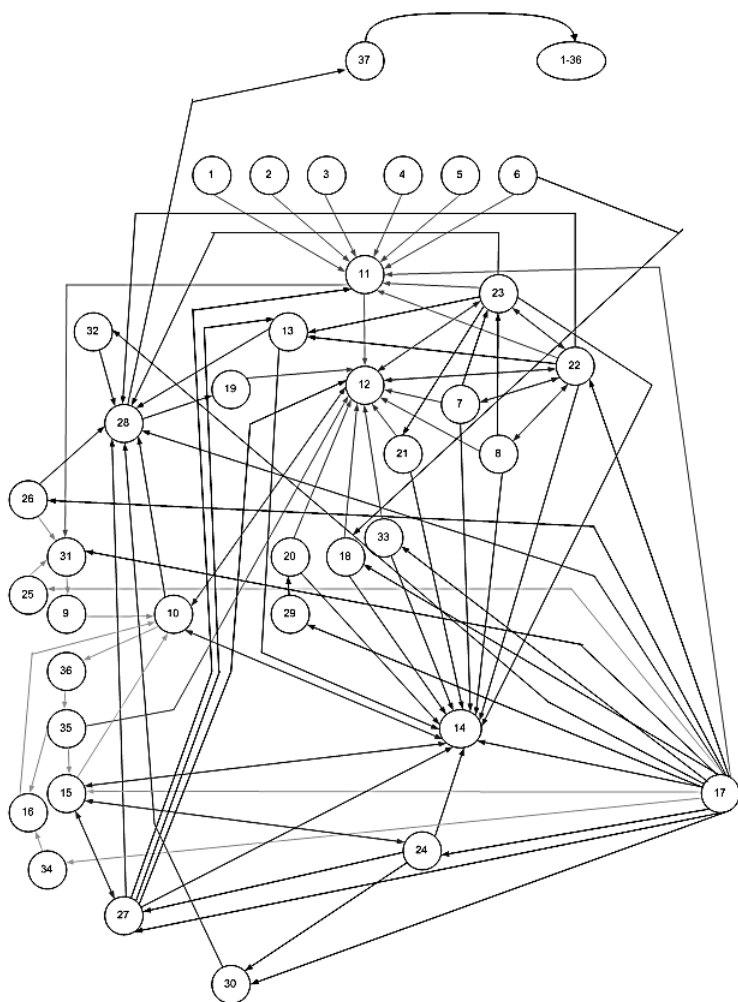


Рисунок 1. Когнитивная карта новой системы управления качеством образования вуза в целом

Для реализации **первого этапа** исследования, предлагается построить когнитивную карту. Для этого необходимо установить причинно-следственные связи между факторами. Если увеличение А ведет к увеличению (усилению) В, а уменьшение А ведет к уменьшению В, то связь положительная. Если увеличение А

приводит к уменьшению (торможению) В, а уменьшение А приводит к увеличению В, то связь отрицательная. В результате получена когнитивная карта, которая показана нами на рис. 1.

Построенная нами когнитивная карта состоит из 37 факторов. Все факторы взаимосвязаны между собой и образуют систему. Сплошные линии между факторами обозначают положительную связь. Стрелки показывают направления причинно-следственных связей между ними. Связи образуют блоки взаимосвязанных между собой факторов. Центрами блоков являются факторы: 11,12,14,10. и 28, которые также взаимосвязаны между собой. Образовательная программа (11) реализуется через образовательный процесс (12) и внеучебную деятельность (14) обучающемуся (10) с учетом финансово-экономической деятельности (28). Каждый центральный фактор блока взаимосвязан с группами факторов, которые решают в системе определенные задачи. Так, группа факторов: 1,2,3,4,5,18—6,17,22,23,27, направлена на обеспечение качества образовательной программы (11). Группа факторов:1,7,8, 18,28-19,20,21,22,23,27,33,35, направлена на обеспечение качества образовательного процесса (12). Группа факторов:7,8,13,15,17,18,20,21,22, 23,24,27,33, направлена на обеспечение качества внеучебной деятельности (14). Группа факторов:15,16,17,24,27,34,35,36, направлена на проверку знаний, получение практических навыков, трудоустройство обучающегося (10). Группа факторов: 9,25,26,31, направлена на обеспечение набора абитуриентов, обучающихся (10). Группа факторов: 10,13,17,22,23, 26,27,30,32, направлена на обеспечение финансово-хозяйственной деятельности (28). Фактор 37 взаимосвязан со всеми факторами. Он направлен на их обновление и обеспечение обучающемуся (10) качественного современного образования.

На **втором этапе** исследования нам необходимо оценить силу каждого влияния. Для этого словесные суждения нами были формализованы с помощью шкалы (табл. 2).

Таблица 2.

Шкала для формализации силы влияния между концептами

Элемент шкалы	Интерпретация в терминах силы влияния
0	Влияние отсутствует
0,1	Минимально возможное (практически отсутствует)
0,3	Слабое
0,5	Среднее
0,7	Существенное
0,9	Сильное
1	Максимально возможное
0,2, 0,4, 0,6, 0,8	Промежуточные уровни

По результатам данного этапа исследования нами была сформирована когнитивная матрица весов, содержащая усредненные оценки интенсивности влияний между факторами, в виде таблицы 3.

Таблица 3.

Когнитивная матрица весов новой системы управления качеством образования вуза в целом

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,2	0,2	0	0	0,5	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,7	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,7	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0	0	0,7	0	0,7	0,7	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0

35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0,7	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0,7	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0,7	0,7	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
29	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0
37	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0

Для более эффективного управления системой необходимо знать ее структурные свойства, т. е. особенности причинно-следственных отношений между базисными факторами (табл. 1).

В построенной нами когнитивной карте представлены наиболее важные, непосредственные связи между факторами (концептами) т. е. связи, которые влияют на качество образования вуза в целом. Однако для полного анализа причинно-следственной структуры новой системы управления качеством образования вуза нам необходима также информация о неявных (опосредованных) взаимных влияниях факторов.

При формировании нечеткой когнитивной карты была принята гипотеза, что все факторы взаимосвязаны, что позволило построить полностью связную когнитивную карту.

Анализ когнитивной карты новой системы управления показал, что все элементы системы оказывают друг на друга положительное влияние. При улучшении фактора-причины, улучшается фактор следствия и наоборот. Таким образом, если ситуация в системе развивается сама по себе без всякого воздействия на процессы, система будет работать устойчиво, поскольку влияние факторов в системе друг на друга положительное. Однако это будет продолжаться до тех пор, пока влияние факторов друг на друга станут ослабевать во времени в будущем, что может привести к дестабилизации системы, к ухудшению качества до его отсутствия и прекращению деятельности вуза. То же самое произойдет, если осуществлять мероприятия ухудшающие факторы, решая обратную задачу. Поэтому устойчивость системы обеспечит её развитие, т. е. постоянное комплексное улучшение факторов, что приведет к улучшению, как качества образования, так и деятельности вуза в целом.

Решения об изменении по каждому фактору могут приниматься в разные моменты времени в виду их множества. В связи с чем, может возникнуть угроза разбалансированности системы. Для недопущения этого, необходимо определить период, в течение которого должны быть пересмотрены все факторы, что стабилизирует систему. Таким периодом может быть полугодие, учебный год. Для детального анализа новой системы управления, перейдем к более детальному её анализу.

На начальном этапе исследования выделим типы факторов. Для этого предлагается разделить факторы на четыре типа исходя из их целевого предназначения.

Основная цель вуза заключается в продаже товара — образовательной программы (11) на рынке образовательных услуг, и в обеспечении получения качественного современного образования обучающемуся (10) — знаний, умений и практических навыков, которые обеспечат ему востребованность на рынке труда, а вузу конкурентоспособность на рынке образовательных услуг. Значит

целевыми факторами будут образовательная программа (11) и обучающийся (10), а именно его знания, умения и практические навыки, которые система должна ему обеспечить (далее знания). Это выходные факторы когнитивной модели.

Цель управления заключается в обеспечении желательных изменений целевых факторов. В данном случае, желательные изменения целевого фактора 11, не приводят к нежелательным изменениям целевого фактора 10. Обратной связи факторы 11 и 10 не имеют. Значит цели нами заданы корректно.

Обучающийся получает знания через обучение — образовательный процесс. Значит факторы, непосредственно относящиеся к обучению, будут базовыми факторами. К ним предлагается отнести следующие факторы: 7, 8, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 33, 35, 36.

Получить качественное образование обучающемуся помогут избыточные факторы. К ним предлагается отнести следующие факторы: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 13, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 37. Взаимодействуя между собой в своей группе и улучшая друг друга, они переносят эти улучшения на базовые факторы, которые в свою очередь обеспечивают качество целевых факторов.

Исходя из степени и способа влияния на систему, избыточные факторы предлагается разделить на шесть подгрупп:

1. Пассивные: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 17
2. Активные: 13, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32
3. Основообеспечивающие: абитуриент (9) — финансово-экономическая деятельность (28)
4. Приоритетов: 19
5. Результатов: 16, 34
6. Обновления 37

Пассивные факторы изменяются во времени не часто, а только в связи с улучшением образовательной деятельности вуза. Активные факторы наоборот, постоянно взаимодействуют как между собой, так и с другими факторами системы для улучшения образовательной деятельности.

Абитуриенты и финансово-экономическая деятельность отнесены к основообеспечивающим факторам, поскольку от количества абитуриентов зависит количество обучающихся, а от количества последних, доходы вуза и его нормальная деятельность. Фактор приоритетов определяет направление расходов, а значит его развитие или стагнацию. Фактор результатов определяет востребованность выпускников на рынке труда, конкурентоспособность вуза на рынке

образовательных услуг, а также спрос рынка на предлагаемый товар — образовательную программу.

Мир не стоит на месте, а постоянно изменяется во времени. Значит необходимо идти в ногу со временем, чтобы образование было современным и востребованным, что обеспечит фактор обновления. Взаимодействуя через фактор обновления, все факторы, а значит и система в целом, постоянно обновляется. Это обеспечит обучающемуся современное качественное образование на текущий момент. При этом обновление обеспечит развитие системы, а значит её сбалансированность.

В исходном множестве определенных нами базисных факторов выделим совокупность управляющих факторов — входных факторов когнитивной модели, через которые подаются управляющие воздействия в модель. Управляющие факторы в модели являются рычагами воздействия на ситуацию. Воздействуя на управляющие группы (множества) факторов, мы достигаем нужного нам результата целевых факторов. Для этого определим факторы, влияющие на целевые.

Из когнитивной карты видно, что для целевого фактора 11 управляющими факторами будут: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 17, 22, 23, 27, 37. Для целевого фактора 10 управляющими факторами будут: 7, 8, 9, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 33, 35, 37.

Целевой фактор 11 воздействует на целевой фактор 10 через управляющий фактор 12, поскольку образовательная программа реализуется через образовательный процесс. Значит целевой фактор 11 через фактор 12 будет являться, в том числе, и управляющим фактором для целевого фактора 10. Таким образом, управляющий фактор 12 является, в том числе, и объединяющим фактором, направленным на обеспечение основной цели — обеспечения получения качественного современного образования обучающемуся (10). Знаний, умений и практических навыков, которые обеспечат ему востребованность на рынке труда, а вузу конкурентоспособность на рынке образовательных услуг.

Управляющее воздействие согласованно с целью, т. к. оно не вызывает нежелательных изменений ни в каком из целевых факторов. Влияние управляющих факторов суммируется в понятии «вектор управляющих воздействий» — совокупность факторов, на каждый из которых подается управляющий импульс заданной величины.

Факторы: 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34 не влияют на целевые факторы напрямую. Однако они также направлены на улучшение

целевых факторов, воздействуя на управляющие факторы. Их можно отнести к вспомогательным факторам.

На образовательную среду вуза оказывается как внешнее, так и внутреннее воздействие. Поэтому для определения степени воздействия, факторы необходимо разделить на внешние и внутренние. К внешним следует отнести факторы: международные стандарты (1), европейские стандарты (2), национальные стандарты (3), сертификационные стандарты (4), профессиональные стандарты (5), абитуриенты (9), содействие в трудоустройстве (16), правовые требования (17), международная деятельность (22), партнерская деятельность (27). Их можно разделить на предсказуемые: 1, 2, 3, 4, 5, 17 и непредсказуемые: 9, 16, 22, 27. Поскольку возникновение и поведение первых можно предвидеть на основе анализа имеющейся информации, а о поведении вторых эксперт узнает лишь после их возникновения.

Стандарты и правовые требования изменяются в будущем, в основном в связи с их улучшением. Поэтому их влияние на систему управления положительно, а значит необходимо периодическое приведение их в соответствие новыми требованиями.

Содействие в трудоустройстве влияет на внутреннюю среду положительно и отрицательно, в зависимости от количества трудоустроенных выпускников. Если уровень трудоустройства высокий, значит образовательная услуга — востребована и наоборот. Данный фактор влияет и на обучающихся, как положительно, так и отрицательно. Уровень востребованности выпускников через их трудоустройство, влияет на отношение обучающихся к обучению и самообразованию. Видя востребованность выпускников на рынке труда, обучающийся чувствует себя более уверенным и спокойным за свое будущее.

Международная деятельность оказывает сильное влияние на внутреннюю среду. Соответствие образовательных услуг международному уровню обеспечит вузу и его выпускникам конкурентоспособность на мировом рынке образовательных услуг и труда. Поэтому интенсивная международная деятельность оказывает положительное влияние на внутреннюю среду, а посредственная отрицательное. Вовлечение обучающихся в международную деятельность также повышает качество их обучения и самообразования, и наоборот.

Развитая партнерская деятельность обеспечивает инвестиции, современные программы, оборудование, производственную и преддипломную практику, трудоустройство выпускников, передачу

опыта через преподавание, чтение лекций и т. д. Отдельные контакты или от случая к случаю, влияют на внутреннюю среду отрицательно.

Маркетинговая и мониторинговая деятельность вуза воздействует на внешнюю среду в зависимости от её интенсивности. Активная маркетинговая деятельность обеспечивает высокий уровень сбыта образовательных и иных услуг (доп. образование, разработки и т. д.). Это приносит вузу дополнительные доходы. Имея возможность увеличить доход, вуз может позволить себе увеличить расходы на улучшение условий оказания образовательных услуг.

Активный мониторинг рынка образовательных услуг и труда позволяет иметь точную информация о спросе и предложении на предлагаемые вузом услуги, потребности рынка в предлагаемых вузом образовательных программах и его выпускниках прошедших обучение по этим программам, необходимости изменения программ, дополнительного образования либо прекращения обучения по ним, что влияет на качество образования и доходы вуза, а значит на его нормальную деятельность.

Оставшиеся факторы: 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, предлагается отнести к внутренним. Их можно также разделить на факторы:

1. Субъекты — 7,8,10.
2. Образовательные — 11,12,13,14,15,33,35,36.
3. Обеспечения — 18,20,21,23.
4. Финансовые — 19,28,32.
5. Деятельности — 24,25,26,29,30,31,34.
6. Обновления — 37.

Факторы субъекты, образовательные и обеспечения являются основными в группе, поскольку они образуют основу образовательной деятельности вуза. Другие группы направлены на обеспечение основных факторов и выполняют вспомогательные функции.

Результат структуризации новой системы управления качеством образования вуза в целом показан нами на рис. 2.

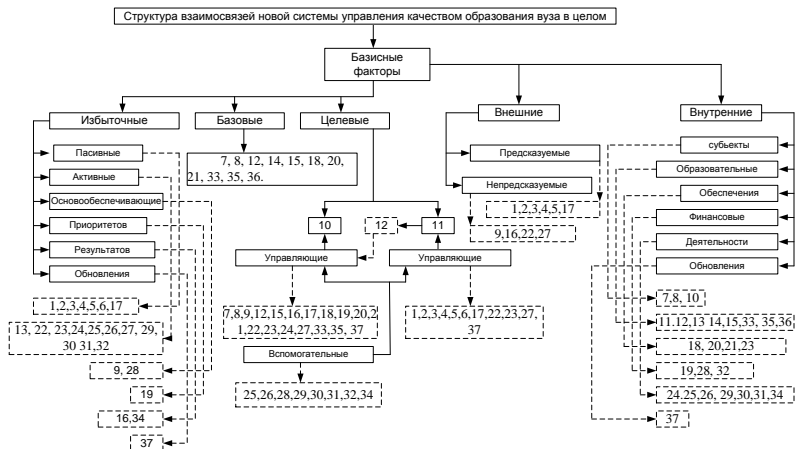


Рисунок 2. Структура взаимосвязей новой системы управления качеством образования вуза в целом

Анализ когнитивной карты показал, что самое большое количество входящих и исходящих связей имеют фактор 14 (внеучебная деятельность), 12 (образовательный процесс), 22 (международная деятельность), 11 (образовательная программа), 28(финансово-экономическая деятельность), 23 (научная деятельность), 10 (обучающийся), 15 (производственная и преддипломная практика), 24 (инновационная деятельность, 27 (партнерская деятельность). При этом между собой они имеют как входящие, так и исходящие взаимосвязи, а именно: 12-23,12-22,22-23,7-22,8-22,10-12,10-14,15-14,15-24,15-27.

Перечисленные факторы более активны в системе, а значит требуют большего к ним внимания. Они определяют приоритеты финансирования деятельности вуза. Не вошедшие в перечень факторы не менее важные, поскольку только в своей совокупности они могут обеспечить поставленную цель.

Вуз выходит на рынок образовательных услуг с образовательной программой. Значит начальным элементом системы будет образовательная программа. Исходя из этого, анализ факторов и взаимосвязей между ними показал 6 направлений оценки качества деятельности и образования вуза в целом. Они показаны нами на рис. 3 в виде вектора.

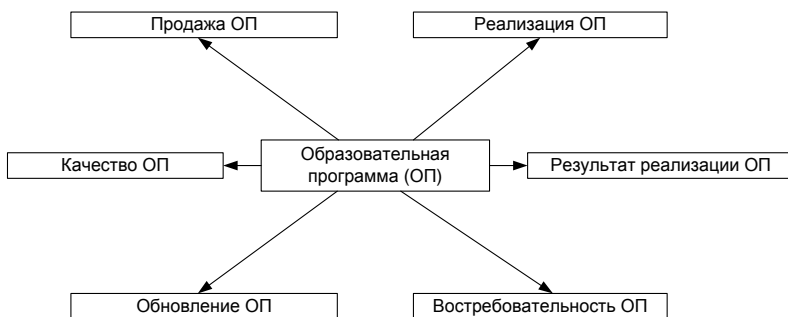


Рисунок 3. Вектор направлений обеспечения качества деятельности и образования вуза в целом

Каждый из определенных 6 направлений состоит из соответствующих процессов. Все элементы деятельности и обеспечения качества образования, а также их составные части, являются объектами для применения определенных инструментов управления, направленных на обеспечение требуемого результата. Каждая стадия этих направлений имеет свою специфику. Каждая последующая стадия взаимосвязана с предыдущей стадией и предъявляет к последней свои требования. В то же время, совокупность стадий представляет собой замкнутый цикл деятельности и обеспечения качества образования вуза.

Между достигнутым уровнем качества результата и процессом его достижения существует функциональная зависимость. Чем лучше организована деятельность и обеспечение качества, тем лучше конечный результат. Подобный подход к процессу обеспечения качества деятельности и образования вуза полностью отвечает теории жизненного цикла продукции и современной методике «всеобщего (тотального) управления качеством», а также основополагающему принципу «процессный подход» международного стандарта ISO -9001 (ИСО-2001), при котором организация представляется как совокупность процессов, направленных на удовлетворение потребностей клиентов [8]. Кроме того, ко всем процессам может быть применен цикл «Plan-Do-Check-Act» (PDCA).

Анализ направлений обеспечения качества деятельности и образования вуза в целом, после дополнительных научных исследований, позволит определить и сгруппировать показатели и критерии их оценки, разработать структуру и блок управления самой системы, также её автоматизировать.

Дальнейшее исследование структуры новой системы управления основано на вычислении системных показателей соответствующей

когнитивной карты: консонанс, диссонанс и показатель воздействия, а также на исследовании динамики поведения системы во времени с помощью модели импульсного процесса, результаты которых будут опубликованы в следующих работах.

Список литературы:

1. Анализ системы оценки высшего образования в мире ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика» // Интернет-ресурс: [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://quality.edu.ru> .Дата обращения 14.06. 2013 г.
2. Безуглов Ю.И. Управление качеством образования в учебном заведении: монография //Ю.И. Безуглов, Л.П. Безуглова 2-е изд., Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2011. — 133 с.
3. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. М.: Горячая линия Телеком, 2007. — 284 с.
4. Качалов В.А. Стандарты ИСО 9000 и проблемы управления качеством в вузах (записки менеджера качества) // В.А. Качалов. М: ИздАТ,2001. — 128 с.
5. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. — 228 с.
6. Сироткин Г.В. Недостатки современных систем менеджмента качества и возможный способ их устранения / Г.В. Сироткин // «Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии». — 2013. — № 1 (21) — С. 145—150.
7. Сироткин Г.В. Системный анализ факторов качества образования в вузе / Г.В. Сироткин // «Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии». — 2013. — № 2 (22) — С. 109—118.
8. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://promecopalata.ru/doc/ISO9001-2011.pdf> (дата обращения 10 августа 2013).

СЕКЦИЯ 3.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫГЛАЖИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДЫДУЩЕЙ ОПЕРАЦИИ

Лукьянов Алексей Александрович

*инженер, Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

Левицких Олеся Олеговна

*ведущий экономист, аспирант,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

E-mail: loo-05@mail.ru

Ежелев Андрей Викторович

*аспирант, Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

INCREASE THE EFFICIENCY OF BURNISHING BY CHANGING PROCESSING CONDITIONS ON THE PREVIOUS OPERATION

Aleksey Lukyanov

*engineer, Togliatty State University,
Russia, Togliatti*

Levitskikh Olesya Olegovna

*lead Economist, post-graduate student, Togliatty State University,
Russia, Togliatti*

Ezhelev Andrey Viktorovich

*post-graduate student, Togliatty State University,
Russia, Togliatti*

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен способ обработки металлов поверхностным пластическим деформированием выглаживанием для получения необходимой шероховатости и упрочнения поверхностного слоя деталей машин и механизмов, обеспечивая при этом повышенную экологичность процесса обработки. Применение предложенного способа обработки позволяет значительно сократить расходы на СОТС, ее регенерацию и утилизацию, при этом сохраняя необходимое качество обрабатываемой поверхности и норму расхода инструмента. Наибольший эффект от данного способа обработки достигается в условиях крупносерийного и массового производства.

ABSTRACT

In this paper, metal surface plastic deformation with burnishing processing mean for generation the necessary roughness and hardening of the surface layer of machinery parts with providing advanced environmental ecological compatibility of processing was considered. Application of the proposed method can significantly reduce the cost of lubricoolant, its recovery and utilization while maintaining the required surface quality and instrument consumption rate. Particularly greatest effect of this processing method is achieved in terms of mass serial production and mass production.

Ключевые слова: поверхностно-пластическое деформирование; упрочнение; смазочно-охлаждающие технологическое средство.

Keywords: surface plastic deformation; hardening; lubricoolant.

Обработка поверхностей деталей машин без использования смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на сегодняшний день является одним из перспективных направлений перехода к экологически чистому производству. Внедрение новой технологии в отечественную промышленность позволит решить следующие проблемы [1, 5, 8]:

- повысить экологическую безвредность производства: потери при утечках и выносе, эмиссия, промывочная вода и не в последнюю очередь утилизация отработанных СОЖ загрязняют почву, воду и воздух;
- улучшить условия труда, так как компоненты СОЖ, бактерициды и фунгициды, возникающие продукты реакций, а также занесенные инородные вещества могут вызвать заболевания;
- снизить пожароопасность, поскольку большинство СОЖ на основе масел имеет сравнительно малую температуру вспышки;
- снизить затраты на закупку, хранение, транспортировку и утилизацию СОЖ;
- облегчить возможность использования средств активного контроля процесса обработки, что повысит качество выпускаемой продукции.

Процесс обработки поверхностно-пластическим деформированием (ППД) имеет ряд особенностей при проведении без подачи СОТС, так как не имеет столь интенсивного тепловыделения и стружкообразования, как при резании или шлифовании. Таким образом, главными задачами становятся — снижение коэффициента трения между инструментом и заготовкой и увеличение стойкости инструмента [6, 7].

Вышеуказанные особенности позволяют осуществлять процесс обработки с микроподачей СОТС, как при классических методах обработки ППД [1, 5], так и современных [4, 8]. Однако организация процесса микроподдачи требует определенного расхода СОТС, что влечет за собой сопутствующие расходы и сложности.

В данной работе рассмотрен способ обработки ППД поверхностей деталей машин без подачи СОТС, при реализации которого учитывается технологическая наследственность состояния поверхности. Например, в массовом производстве при жестко заданном цикле возможно определить состояние заготовки в каждый конкретный период времени и так регламентировать процесс обработки, что на финишной операции ППД не потребуются подача СОТС,

следующей за операцией включающей подачу СОТС. Вышеуказанное техническое решение апробировано в действующем производстве ОАО «АВТОВАЗ». Программа выпуска деталей автомобилей на 2013 год с использованием этой технологии более 3,070 миллионов, в том числе:

- вал коленчатый автомобилей семейства «Lada Калина» с программой выпуска 330 тыс. деталей;
- корпус внутреннего шарнира автомобилей семейства «Нива» и «Шевроле-Нива» с программой выпуска 285 тыс. деталей в год;
- полуось заднего моста автомобилей семейства «Нива» и «Шевроле-Нива» с программой выпуска 265 тыс. деталей в год;
- вал первичный коробки передач автомобилей семейства «Lada Priora» и «Lada Kalina» с программой выпуска 660 тыс. деталей в год;
- фланец крепления промежуточного карданного вала автомобилей семейства «Нива» и «Шевроле-Нива» с программой выпуска 900 тыс. деталей в год;
- фланец крепления карданного вала автомобилей семейства «Нива» и «Шевроле-Нива» с программой выпуска 180 тыс. деталей в год;
- полуось заднего моста автомобилей семейства «Lada классической компоновки» с программой выпуска 520 тыс. деталей в год;
- вал первичный КПП для автомобилей LADA классической компоновки с программой выпуска 260 тыс. деталей в год;
- вал вторичный КПП для автомобилей LADA классической компоновки с программой выпуска 260 тыс. деталей в год.

Как показали экспериментальные исследования, снижение стойкости выглаживающего инструмента при обработке поверхностей деталей без непосредственной подачи СОТС в зону обработки не превышает 5...10 % [2], что говорит об экономической целесообразности вышеуказанных технических решений. Такой эффект достигается за счет того, что при обработке шлифованием или тонким точением образующаяся в процессе резания ювенильная поверхность абсорбирует небольшое количество СОТС (см. рисунок 1). Кроме того непосредственно после обработки на поверхности остается тонкий слой смазочно-охлаждающей жидкости. Все это может быть использовано при последующей обработке ППД, особенно, если речь идет о массовом производстве, где процесс обработки идет без перерыва между операциями.

Таким образом, процесс обработки происходит следующим образом (Рисунок) [3]: к цилиндрической поверхности изделия 1 прижат с требуемым рабочим усилием выглаживающий инструмент, например, индентор 2. После предыдущей операции на поверхности изделия 1 сохраняется абсорбированный слой СОТС 3 и остатки СОТС 4 после предыдущей операции 4. Детали придают вращение по стрелке, а индентор перемещают вдоль оси детали со скоростью подачи. Слой СОТС 3 под действием пластического деформирования частично выдавливается на поверхность и вместе со слоем 4 выполняет роль технологической смазки, снижая тепловую напряженность процесса и силу трения между инструментом и обрабатываемой поверхностью.

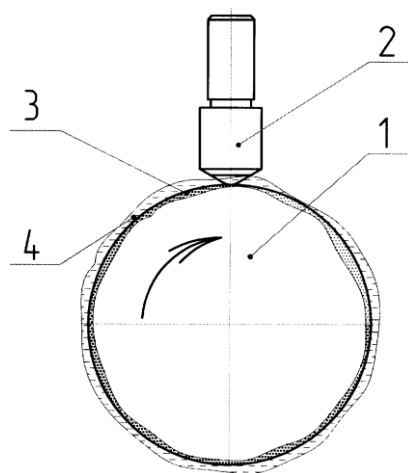


Рисунок 1. Способ обработки ППД с использованием остатков СОТС от предыдущих операциях [3]: 1 — заготовка; 2 — индентор; 3 — абсорбированный слой СОТС; 4 — остатки СОТС после предыдущей операции

Применение предлагаемого способа в течение длительного времени в условиях массового производства показало хорошие результаты. Для достижения максимального эффекта при обработке таким способом можно в качестве СОТС на предыдущей операции применять компоненты или добавки, по своим свойствам схожие с теми, что применяются при обработке ППД (например полиакриламид, диметилформамид, глицерин).

Применение данного способа выглаживания позволило значительно сократить расходы на СОТС, ее регенерацию и утили-

зацию, сохранив качество обрабатываемой поверхности и норму расхода инструмента.

Список литературы:

1. Бобровский И.Н. Повышение эксплуатационной надежности деталей автомобилей и экологичности их изготовления за счет освоения новой технологии широкого выглаживания: Дис. ... канд. техн. наук Московский государственный технологический университет. М., 2011. — 187 с.
2. Бобровский Н.М., Бобровский И.Н., Ежелев А.В., Мельников П.А. Технология обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазывающе-охлаждающих технологических средств // Монография, ISBN 987-5-93424-598-7. Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. — 142 с.
3. Способ обработки поверхностным пластическим деформированием поверхностей деталей машин: пат. 2348501 Рос. Федерация. № 2008102217/02 ; заявл. 21.01.08 ; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7. — 3 с.
4. Бобровский Н.М., Ежелев А.В., Мельников П.А., Бобровский И.Н. Устройство для гиперпроизводительной финишной обработки поверхностей деталей машин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — № 6-1. — С. 93—96.
5. Бобровский Н.М. Разработка научных основ процесса обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазочно-охлаждающих жидкостей // монография: Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2008. — 170 с.
6. Бобровский Н.М., Мельников П.А. Стойкость твердосплавного выглаживающего инструмента при работе без СОЖ // Автомобильная промышленность. — 2004. — № 8. — С. 33—35.
7. Мельников П.А., Бобровский Н.М. Прогнозирование процесса изнашивания рабочей поверхности инструмента при выглаживании без смазочно-охлаждающих средств // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2010. — № 2. — С. 43—48.
8. Мельников П.А. Повышение эффективности технологии выглаживания широким самоустанавливающимся инструментом без смазочно-охлаждающей жидкости: Автореф. дис. канд. техн. наук. Самарский государственный технический университет. Самара, 2008. — 176 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

Хусаинов Рустем Мухаметович

*канд. техн. наук, доцент кафедры конструкторско-технологического
обеспечения машиностроительных производств
Набережночелнинского института
(филиала) Казанского федерального университета,
РФ, г. Набережные Челны
E-mail: rmh@inbox.ru*

Сабиров Айдар Рамазанович

*инженер-конструктор 3 категории, конструкторский отдел
станочной, сварочной и сборочной оснастки. ОАО «КАМАЗ»,
РФ, г. Набережные Челны
E-mail: idur.619@gmail.com*

Мубаракишин Ирек Инсафович

*инженер-конструктор 3 категории, конструкторский отдел
станочной, сварочной и сборочной оснастки. ОАО «КАМАЗ»,
РФ, г. Набережные Челны
E-mail: mubarakshin_irek@mail.ru*

MODELING THE ELASTIC DEFORMATION IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF MACHINING

Khusainov Rustem Muhametovich

*candidate of science, associate professor,
department of Design and Technology software engineering industries,
the Naberezhnye Chelny institute (branch) of the Kazan federal university,
Russia, Naberezhnye Chelny*

Sabirov Aidar Ramazanovich

*design engineer Category 3, design department of machine,
welding and assembly tooling, "KAMAZ",
Russia, Naberezhnye Chelny*

Mubarakshin Irek Insafovich

*design engineer Category 3, design department of machine,
welding and assembly tooling, "KAMAZ",
Russia, Naberezhnye Chelny*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы моделирования системы станок-приспособление-инструмент-деталь с целью предварительной оценки упругих деформаций при обработке, что дает возможность предупредить возникновение брака.

ABSTRACT

In this article there are discussed issues of modeling system "machine-tool-instrument-part" in order to preliminary assessment the elastic deformations during the machining. It gives the opportunity to prevent appearance of defect.

Ключевые слова: металлорежущие станки; технологическая оснастка; жесткость.

Keywords: machine tools; machining attachments; rigidity.

Деформации технологических систем обработки резанием оказывают существенное влияние на точность обработки. Особенно это влияние сказывается при обработке нежестких деталей, а также при обработке с применением нежесткой технологической оснастки. При изготовлении прецизионных, ответственных деталей важно произвести предварительную оценку возможных деформаций, с тем,

чтобы выполнить программную компенсацию этих погрешностей, либо устранить их путем рационального подбора технологической оснастки или схемы обработки. Такая оценка очень важна, поскольку позволит избежать появления брака и, следовательно, материальных потерь и потерь времени при использовании оборудования.

Предварительная оценка деформаций должна быть произведена с учетом всех элементов технологической системы — станка, приспособления, инструмента — как режущего, так и вспомогательного, заготовки. Поскольку в общем балансе деформаций технологической системы именно эти элементы оказываются слабыми звеньями. Кроме того, собственные деформации заготовки, выявленные при таком анализе, могут дать повод к пересмотру схемы базирования и закрепления, вообще к изменению конструкции приспособления.

Решение этой задачи может быть выполнено с использованием CAE-систем, например, с помощью модуля «Расширенная симуляция» программного пакета NX. Моделирование технологической системы при таком анализе может быть выполнено в следующей последовательности:

1. Подготовка трехмерной сборной модели системы станок-приспособление-инструмент-деталь (рис. 1). На производстве проектирование элементов этой системы производится, как правило, силами разных служб. Соответственно, итоговая сборка выполняется из готовых моделей узлов приспособления, инструмента и заготовки как отдельной детали. Трехмерная модель станка может быть подготовлена заранее, поскольку она может использоваться при решении других задач производства. Эффективность подготовки производства может быть повышена путем применения информационных систем обмена производственными данными (систем цифрового производства), таких как Teamcenter. В этом случае улучшается эффективность взаимодействия подразделений и конструкторской подготовки производства, поскольку при выявлении значительных отклонений, внесение изменений в конструкцию, повторный расчет и согласование изменений могут быть выполнены более оперативно.

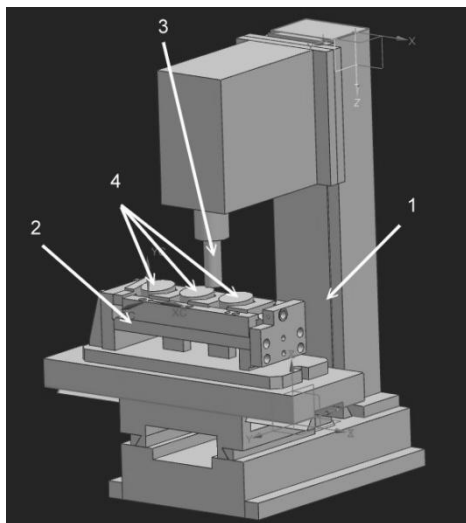


Рисунок 1. Сборная модель технологической системы. 1 — станок, 2 — приспособление, 3 — инструмент, 4 — заготовки

При подготовке трехмерных моделей необходимо обращать внимание на применение материалов в трехмерных моделях. Лучше эту работу выполнять на подготовительном этапе, поскольку проектировщик каждой подсистемы назначает материалы для своих конструкций технически грамотно и обоснованно. Проблемой является отсутствие отечественных материалов во встроенной базе NX, тогда можно применять материалы с аналогичными свойствами либо создать собственную библиотеку материалов. В последнем случае необходимо обратить особое внимание на представление всех физических свойств материала, в противном случае возникнет отказ при расчете, и эту же работу (назначение материалов) придется выполнять повторно.

2. Формирование конечно-элементной модели. Целью данного этапа является разбиение твердотельных моделей на дискретные области, то есть на конечные элементы, таким образом создается конечно-элементная модель.

Необходимо иметь в виду, что чрезмерная подробность самой трехмерной модели и чрезмерная ее дискретизация приводит к повышенному потреблению системных ресурсов и времени расчета, что не всегда оправдано. Поэтому при подготовке к формированию конечно-элементной сетки необходимо выполнить упрощение трехмерной модели — подавить несущественные для расчета конструк-

тивные элементы — мелкие геометрические элементы, отверстия, радиусные участки и т. п. Степень этого упрощения зависит от поставленных целей исследования, допустимой точности результата, вычислительных ресурсов. В данном случае трехмерная модель была построена на основе несущей системы станка с сохранением основных размеров и формы корпусных деталей, ребер жесткости, окон (поскольку они существенно влияют на деформации).

Степень дискретизации модели зависит от требуемой точности решения и вычислительных ресурсов. Слишком мелкая сетка приводит к неоправданному увеличению времени расчета. В обратном случае, полученное решение будет неточным, а то и неправильным. В частности, грубая конечно-элементная сетка может привести к потере контактов на границах тел, и соответственно, к отсутствию сходимости при дальнейшем расчете. Размер элементов расчетчик, как правило, назначает эмпирически, исходя из собственного опыта. В данном случае средний размер элементов был выбран, в зависимости от размера конкретной модели, 5—20 мм.

После формирования конечно-элементной модели необходимо проверить, что конечно-элементным сеткам правильно назначен материал. По умолчанию, в свойствах материала сетки стоит «Наследованный», в этом случае материал берется из исходной модели, и если она была подготовлена согласно п. 1, проблем обычно не возникает. В противном случае, необходимо каждой сетке назначить материал.

Важное значение при подготовке дальнейшего расчета имеет правильная нумерация конечных элементов и их узлов. При создании конечно-элементной ассоциативной сборки, локальные номера узлов и элементов отдельных моделей вступают в противоречие, что приводит к отказу при расчете. Чтобы этого не происходило, необходимо их перенумеровать, что можно сделать как автоматически, так и вручную.

3. Подготовка к расчету. На данном этапе формируется файл симуляции, наследуемый из файла конечно-элементной модели, и содержащий все необходимые данные для расчета. При создании файла необходимо указать тип выполняемого расчета. Для решения поставленных задач исследования достаточно наиболее простого варианта — линейного статического анализа.

В рамках данного расчета необходимо подготовить следующие данные:

3.1. Задать нагрузки. Было использовано допущение, что на результаты решения задачи оказывают влияние только силы, возникающие при резании. Силы резания определялись по эмпири-

ческим закономерностям для составляющих P_x , P_y , P_z , далее путем квадратичного суммирования была определена их равнодействующая. Согласно третьему закону Ньютона, равнодействующие были приложены к заготовке и к инструменту в точке их контакта при резании.

3.2. Задать граничные условия (ограничения). В качестве граничного условия, ограничивающего смещение сборной модели как твердого тела, моделировалось крепление станины к фундаменту.

3.3. Задать условия контакта моделей в сборке. Моделированию связей между элементами в сборной модели необходимо придавать большое значение, поскольку на долю смещений в контактах приходится до 80—90 % всех деформаций станка, и неправильное моделирование контактов может привести к неадекватным результатам.

В рамках данной работы моделирование линейного контактного взаимодействия между поверхностями производилось упрощенным методом с помощью функции NX «Соединение поверхность—поверхность». В решателе NX Nastran реализован метод расчета с созданием контактной прослойки, имеющей разные значения параметров жесткости (коэффициентов штрафа) в нормальном и касательном к поверхности контакта направлениях. Таким образом, учитывать жесткость контакта можно, изменяя коэффициенты штрафа [4, с.294]. В локальных параметрах соединения поверхностей в NX реализовано два способа задания единиц жесткости [1, с. 282]:

а) по параметру *Сила/(Длина * Площадь)* — эквивалентно отношению жесткости контакта к площади, в этом случае контактная жесткость элемента вычисляется по выражению

$$K_{\text{конт}} = e \cdot S \quad (1),$$

где: $K_{\text{конт}}$ — контактная жесткость, Н/мм;

e — коэффициент штрафа, Н/мм³;

S — площадь контакта.

С другой стороны, имеются эмпирические данные о жесткости контакта поверхностей различной геометрии [3, с. 172]. Вообще, зависимость деформации в стыке от нагрузки нелинейная [2, с. 107], однако, учитывая то, что в металлорежущих станках стыки имеют начальные давления от силы тяжести деталей или от начальной затяжки, а также учитывая малую величину деформаций, технические расчеты стыков можно вести пользуясь линейной зависимостью [3, с. 172]:

$$\delta = j \cdot \sigma \quad (2),$$

где: δ — деформация в стыке, мм;
 j — коэффициент контактной податливости, мм/МПа;
 σ — давление в контакте, МПа.
 Учитывая, что

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (3),$$

где: F — нагружающая нормальная сила, Н; а также

$$K_{\text{конт}} = \frac{F}{\delta} \quad (4),$$

из (2), получаем:

$$K_{\text{конт}} = \frac{S}{j} \quad (5).$$

Приравнивая выражения (1) и (5), получаем:

$$e = \frac{1}{j} \quad (6).$$

Согласно [3, с. 172], при средних по величине давлениях в стыках и ширине поверхности стыка 50—200 мм, коэффициент податливости $j = (1 \dots 2) \cdot 10^{-2}$ мм/МПа. Тогда коэффициент штрафа $e = (0,5 \dots 1) \cdot 10^{-2}$ МПа/мм³.

б) по параметру *1/длина* — используется по умолчанию, в этом случае физический эквивалент контактной жесткости — осевая жесткость стержня площадью сечения S , с модулем упругости E , длиной l/e , и контактная жесткость элемента вычисляется по выражению:

$$K_{\text{конт}} = e \cdot E \cdot S \quad (7),$$

где: E — модуль упругости материала контактирующих тел, МПа.

Приравнивая выражения (5) и (7), получаем:

$$e = \frac{1}{E \cdot j} \quad (8).$$

При тех же условиях, что в п. а), и учитывая, что модуль упругости для черных металлов в среднем $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент штрафа при этом способе задания $e = (0,25 \dots 0,5) \cdot 10^{-3}$ 1/мм.

Аналогично рассчитываются коэффициенты штрафа в тангенциальном направлении (по тангенциальной жесткости).

Для корректного учета взаимодействия поверхностей необходимо учесть также опцию «Начальное проникновение/зазор», который контролирует начальное состояние контактирующих поверхностей. В этой опции следует задать параметр «Расчет от геометрии», в этом случае учитываются все зазоры и проникновения на основе координат узлов конечных элементов.

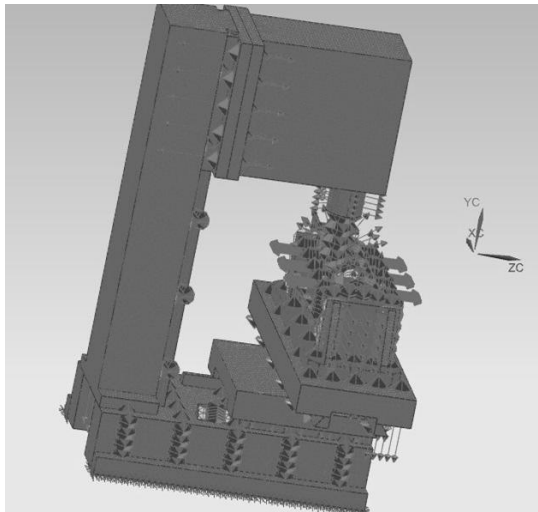


Рисунок 2. Конечно-элементная модель с учетом контактов между поверхностями

4. Проведение расчета. Согласно заданным условиям, NX Nastran производит решение системы уравнений, соответствующих линейному статическому анализу, определяя при этом напряженно-деформированное состояние технологической системы.

5. Визуализация полученных результатов и их анализ. NX выводит карту результатов, показывая деформированное под заданной

нагрузкой состояние системы (рис. 3). Видно, что наибольшие деформации имеет ветвь инструмента — силы резания приводят к повороту инструмента, вследствие чего режущая кромка фрезы практически не отклоняется, а наоборот врезается в заготовку (рис. 4). Однако, при этом условия резания ухудшаются, что приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности и к быстрому износу инструмента.

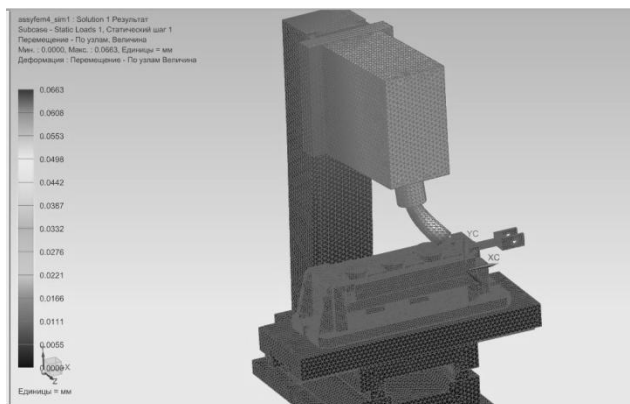


Рисунок 3. Карта результатов линейного статического расчета

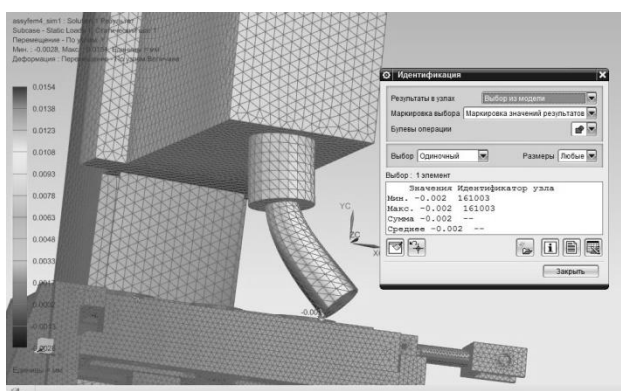


Рисунок 4. Деформация инструмента в точке резания

Кроме того, видно, что довольно значительным деформациям подвергается шпиндельная бабка станка (рис. 5). При обработке точных изделий это существенно повлияло бы на погрешность обработанной поверхности.

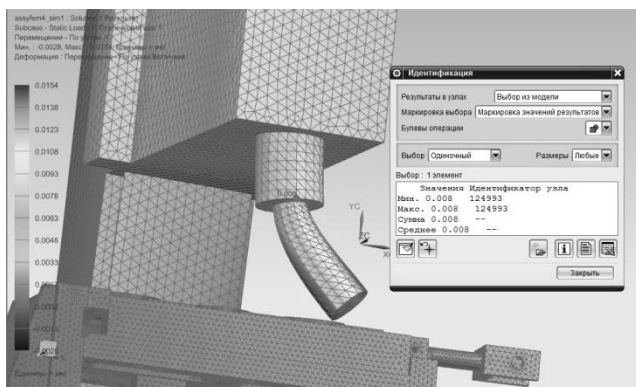


Рисунок 5. Деформации шпиндельной бабки станка

В ветви заготовки, напротив, деформации заготовки, приспособления, и других узлов станка незначительны (рис. 3).

Из результатов анализа видно, что для корректной оценки деформаций обрабатываемого изделия недостаточно проводить расчет на жесткость отдельных элементов технологической системы. Необходимо выполнить моделирование всей технологической системы в целом. В мировой практике все шире внедряются инструменты предварительной симуляции обработки — в основном пока для оценки точности отработки управляющих программ. Однако, при обработке ответственных деталей можно выполнить симуляцию с применением предложенной методики. В этом случае можно подобрать оптимальную конструкцию и компоновку технологической оснастки, ее расположение в пределах рабочей зоны станка с тем, чтобы обеспечить необходимое качество обработки.

Список литературы:

1. Гончаров П.С. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. М.: ДМК Пресс, 2012. — 504 с.
2. Левина З.М., Решетов Д.Н. Контактная жесткость машин. М.: Машиностроение, 1971. — 264 с.
3. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986. — 336 с.
4. Рудаков К.Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. К.: КПИ, 2011. — 317 с.

**СТРУКТУРНАЯ СХЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Чепчуров Михаил Сергеевич

*д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии
машиностроения Белгородского государственного
технологического университета им. В.Г. Шухова,
РФ, г. Белгород
E-mail: avtpost@mail.ru*

Жуков Евгений Михайлович

*канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения
Белгородского государственного
технологического университета им. В.Г. Шухова,
РФ, г. Белгород
E-mail: jonyj@intbel.ru*

Тюрин Алексей Вячеславович

*аспирант кафедры технологии машиностроения
Белгородского государственного
технологического университета им. В.Г. Шухова,
РФ, г. Белгород
E-mail: tmrk@intbel.ru*

BLOCK DIAGRAM OF MANAGEMENT OF COMPLEX TECHNOLOGI-CHESKOGO DRIVES

Mikhail Chepchurov

*doctor of Technical Sciences, professor, professor
of chair of technology of mechanical engineering
of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Russia, Belgorod*

Evgeny Zhukov

*candidate of Technical Sciences,
associate professor of technology of mechanical engineering
of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Russia, Belgorod*

Alexey Tyurin

*the graduate student of chair of technology of mechanical engineering
of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Russia, Belgorod*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы создания структур управления мехатронными инструментальными модулями. Предложенный авторами принцип гибридных структур позволяет в короткие сроки разработать систему управления специальным оборудованием.

ABSTRACT

In article questions of creation of structures of management are considered by mekhatronny tool modules. The principle of hybrid structures offered by authors allows to develop a control system of the special equipment in short terms.

Ключевые слова: инструмент; мехатронный модуль; управление; структура; привод; программа.

Keywords: tool; mekhotronny module; management; structure; drive; program.

Для реализации технологического процесса автоматизированного получения деталей в технологическом комплексе [6] на базе токарного автомата с использованием адаптивных инструментальных модулей (АИМ) [5] требуется расширенное представление схемы управления, позволяющее реализовать её на элементной базе, обеспечивающей

полный цикл обработки. Для чего следует реализовать представленный на рис. 1 алгоритм управления.

Обозначим ограничивающие условия реализации алгоритма управления:

- главный привод токарного автомата является неуправляемым, частота его вращения задаётся с помощью набора зубчатых колёс. Такой подход позволяет реализовать дискретное управление им, что позволяет избежать дополнительных затрат на регулируемый привод и блок управления им, а в конечном итоге, при стоимости комплектного сервопривода мощностью свыше 3 кВт от 1 млн. рублей, значительно снижает цену всех работ по модернизации. При этом частота его вращения контролируется с помощью датчика тахометра, входящего в состав АИМ и в качестве целевой функции управления, которая должна

- быть минимизирована контроллером,
- используется среднеквадратическая ошибка на выходе объекта управления;

- управление механизмами подачи заготовки и её зажима — дискретное;

- управление сервоприводом продольной подачи с использованием модуля OMEGA II или YASAGAWA имеет два сигнала: направление — частота, или при использовании шаговых приводов — три сигнала: ENABLE-STEP-DIR, при использовании первого варианта требуется дополнительно три дискретных входа для подключения энкодера, определяющего положение рабочего органа станка в продольном направлении;

- управление АИМ осуществляется как механизмом поперечной подачи, так и механизмом качания, сигналами ENABLE-STEP-DIR.

Таким образом, минимальное количество дискретных сигналов управления — 12, в том случае если для продольного перемещения заготовки использовать шаговый привод, или, при сервоприводе с датчиком положения, — 14, в том числе 3 дискретных входа, 11 дискретных выходов.

Очевидно, что в промышленных условиях, уже при серийной реализации системы управления потребуются программируемый логический контроллер с панелью оператора или адаптивные системы управления с нейронными сетями [1], однако авторами было принято решение использовать для реализации системы управления на стадии научных разработок персональный компьютер (ПК), тем более

что к настоящему времени подобные системы прошли промышленную апробацию и описаны в литературе [4].

Обмен сигналами с системой управления, согласно рекомендациям [3], было принято осуществлять через параллельный интерфейс, в случае отсутствия LPT-порта в конфигурации современных ПК возможна реализация при наличии соответствующих переходных устройств *USB-LPT*, например, на базе микросхемы *FTDI245R*. Параллельный порт содержит 5 дискретных входов, 8 дискретных выходов *DATA* и 4 дискретных выходов *CONTROL*, что вполне позволяет передать все 11 выходных сигналов. Согласно паспортным данным на LPT-порт, частота сигнала на соответствующем выходе может составлять до 18 МГц, что также удовлетворяет требованиям для управления шаговыми двигателями.

В качестве исполнительных устройств для включения/ выключения главного привода, подачи, зажима/разжима заготовки используются промежуточные реле. А для управления шаговыми двигателями специальные приводы, формирующие управляющие сигналы.

Разделим всю систему управления на аппаратную и программную, виртуально реализуемую с помощью специального программного обеспечения. Аппаратная часть практически уже описана, что касается виртуальной или программной, то её реализация всегда связана с конкретным, используемым программным обеспечением, что всегда не устраивало разработчиков программ управления оборудованием, т. к., имея опыт использования одного программного обеспечения, разработчик с трудом переходит на рекомендуемое. Подробный алгоритм управления также не всегда чётко даёт представление о путях его реализации. На рис. 1. представлена упомянутая гибридная схема системы управления.

Шаговые двигатели предназначены: Ш1 — управление продольной подачей; Ш2 — управление поперечной подачей; Ш3 — управление механизмом качания АИМ. Шаговые двигатели Ш2 и Ш3 непосредственно входят в состав АИМ, шаговый двигатель Ш1 располагается на станке.

Реле исполнительных механизмов предназначены: К1 — управление главным приводом, соответственно: вкл./ выкл.; К2 — управление подачей заготовки, соответственно: вкл./выкл.; К3 — управление зажимом заготовки в цанге станка, вкл. — цанга разжата, выкл. — цанга зажата.

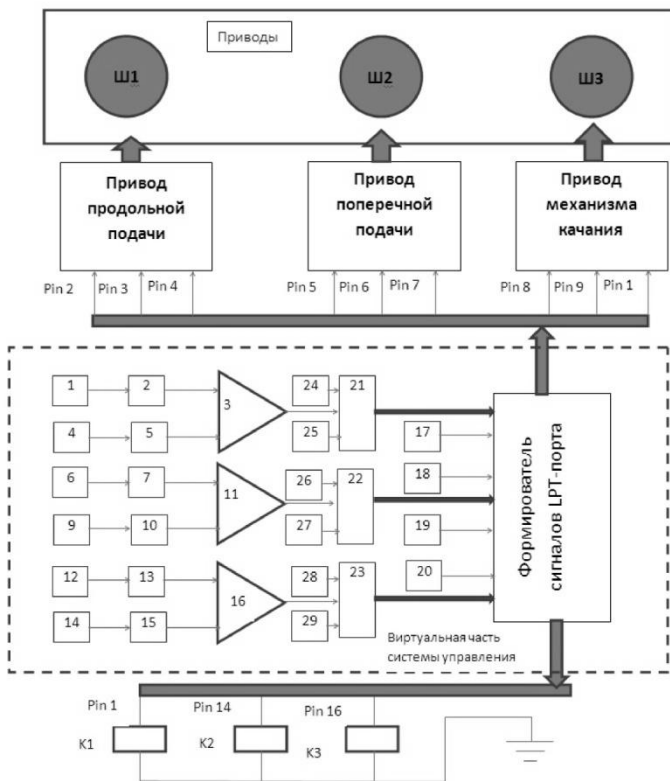


Рисунок 1. Гибридная схема системы управления

Виртуальная часть системы формирует управляющие сигналы следующим образом:

Пакет сигналов управления приводом продольной подачи *ENABLE-STEP-DIR* поступает непосредственно через формирователь сигналов *LPT*-порта на соответствующие разъёмы, на которые он приходит от формирователя сигнала команды управления продольной подачей — 21.

Сигналы для формирования пакета продольной подачи приходят от датчика *ENABLE* — 24 (выкл. — сигнал 1, вкл. — сигнал 0); датчика *DIR-24(+/- или 0/1)*; и пакета шагов для перемещения, который формируется через сумматор 3, на который поступают сигналы от генератора импульсов шага *STEP* — 2, частота которого

задаётся задатчиком — 1, генератора длительности или длины перемещения — 5, задаваемого задатчиком — 4.

Пакет сигналов управления приводом поперечной подачи АИМ *ENABLE-STEP-DIR* поступает непосредственно через формирователь сигналов *LPT*-порта на соответствующие разъёмы, на который он приходит от формирователя сигнала команды управления поперечной подачей — 22. Сигналы для формирования пакета поперечной подачи приходят от задатчика *ENABLE-26* (выкл. — сигнал 1, вкл. — сигнал 0); задатчика *DIR-27* (+/-или 0/1); и пакета шагов для перемещения, который формируется через сумматор 11, на который поступают сигналы от генератора импульсов шага *STEP-7*, частота которого задаётся задатчиком — 6, генератора длительности или длины перемещения — 9, задаваемого задатчиком — 10.

Пакет сигналов управления приводом механизма качания АИМ *ENABLE-STEP-DIR* поступает непосредственно через формирователь сигналов *LPT*-порта на соответствующие разъёмы, на который он приходит от формирователя сигнала команды управления механизмом качания — 23. Сигналы для формирования пакета механизма качания приходят от задатчика *ENABLE-28* (выкл. — сигнал 1, вкл. — сигнал 0); задатчика *DIR-29* (+/-или 0/1); и пакета шагов для перемещения, который формируется через сумматор 116, на который поступают сигналы от генератора импульсов шага *STEP-13*, частота которого задаётся задатчиком — 12, генератора длительности или длины перемещения — 15, задаваемого задатчиком — 14.

Переключатель 17 управляет главным приводом, переключатель 18 — подачей заготовки, переключатель 19 — зажимом заготовки, переключатель 20 является резервным и управляет pin17 *LPT*-порта.

Для выбора средства разработки виртуальной части системы управления были проанализированы следующие программные продукты: *Sumulink* + из пакета *MatLab 7.0*, *VisualBasicNet* *LabView 7.0*. Пакеты оценивались на наличие возможности разработки непрофессиональным программистом программы управления оборудованием. К сожалению, *VisualBasicNet* требует от разработчика достаточно глубоких знаний как программного обеспечения, так и аппаратной части ПК, что приводит к значительным затратам времени, к тому же в этом приложении достаточно трудно выполнить моделирование работы системы. *Sumulink* + показал хорошие результаты как в разработке системы управления, так и в моделировании, но громоздкость самой системы требует дополнительных ресурсов ПК и временных затрат на изучение пакета. Использование

LabView 7.0. требует минимума знаний в программировании, да и графический язык G прост в освоении, сам пакет уже настроен на использование как средств ввода вывода ПК, в том числе и параллельного порта, так и на моделирование самой системы, за счет наличия специальных средств отладки создаваемых в нём виртуальных приборов.

Кроме того, у автора отсутствуют лицензии на *Sumulink + VisualBasicNet*, а работоспособная версия *LabView 7.0* поставляется с изданием [7], тех функциональных возможностей, которые в ней представлены, достаточно для разработки и отладки виртуального прибора, и проигрыватель файлов виртуальных приборов позволяет эксплуатировать систему в производственных условиях. На рис. 2. представлен интерфейс одного из вариантов виртуального прибора для управления приводами АИМ.

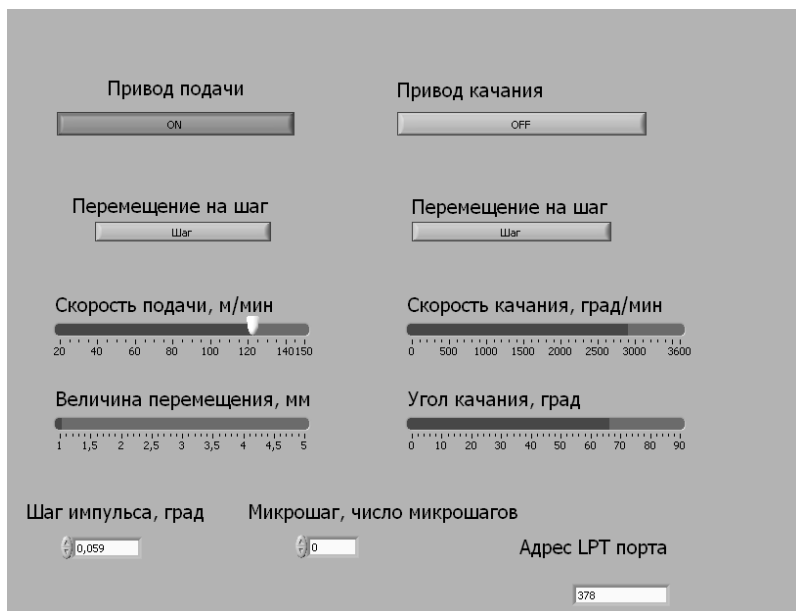


Рисунок 2. Интерфейс программы управления АИМ через LPT-порт

Вывод: Предложенная в работе гибридная схема системы управления позволила разработать как аппаратную, так и программную часть технологического комплекса [2], не прибегая к исполь-

зованию сложных и дорогостоящих средств разработки и моделирования систем.

Список литературы:

1. Вороненко В.П., Родина А.Н., Рязанов Д.Ю. Управление технологическим процессом токарной обработки с использованием нейросетевого моделирования // Вестник МГТУ Станкин. — 2011. — № 4. — С. 23—26.
2. Пат. 126274 РФ, МПК В23В5/00. АДАПТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ/ Тюрин А.В., Чепчуров М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» № 2012133110/02; заявл. 01.08.2012; опубл. 27.03.2013, Бюл. № 9.
3. Чепчуров М.С. Модернизация управления приводом фрезерного станка с ЧПУ при использовании ПК // Ремонт, восстановление, модернизация. Изд.: ООО «Наука и технологии» М., — 2008. — № 7. — С. 13—15.
4. Чепчуров М.С., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г. Модернизация машин для литья термопластов на базе персональных компьютеров // Ремонт, восстановление, модернизация. Изд.: ООО «Наука и технологии» М., — 2007. — № 5. — С. 7—14.
5. Чепчуров М.С., Тюрин А.В. Модернизация токарных автоматов продольного сечения с использованием мехатронных модулей // Ремонт, восстановление, модернизация. Изд.: ООО «Наука и технологии» М., — 2012. — № 7. — С. 10—13.
6. Чепчуров М.С., Тюрин А.В. Технологические системы на базе автоматов продольного точения с использованием модельной компоновки оборудования. // Технология машиностроения. — 2013. — Т. 7. — С. 64.
7. Lab VIEW для всех / Джеффри Тревис Изд.: ДМК Пресс. — 2005. — 544 с. — ISBN: 5-94074-257-2.

СЕКЦИЯ 4.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Волгина Наталья Ивановна

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного
машиностроительного университета (ММИ),
РФ, г. Москва*

E-mail: nvolgina2008@rambler.ru

Конакова Марина Анатольевна

*канд. техн. наук, ведущий инженер
ПОЭМГ ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»,
РФ, г. Санкт-Петербург*

E-mail: MKonakova@spb.ltg.gazprom.ru

RESEARCH OF CAUSES OF DESTRUCTION OF THE MAIN GAS PIPELINE

Volgina Natalya

*candidate of Science, associate professor,
Moscow state machine-building university (MAMI),
Russia, Moscow*

Konakova Marina

*candidate of Science, leading engineer
of POEMG JSC « Gazprom transgaz Saint Petersburg»,
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследования стресс-коррозионного повреждения трубы магистрального газопровода, развивавшегося от мест с механическими повреждениями, которые возникли в процессе строительства или эксплуатации. Показано, что разрушение трубы в процессе эксплуатации происходило по коррозионно-механическому механизму.

ABSTRACT

Results of research a stress-corrosion damage of a pipe of the main gas pipeline developing from places with mechanical damages which arose in the course of construction or operation are given. It is shown that pipe destruction in use happened on corrosion mechanically mechanism.

Ключевые слова: газопровод; коррозионное растрескивание под напряжением; излом; структура; фрактографические исследования

Keywords: gas pipeline; stress corrosion cracking; break; structure; fraktografichesky researches

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН или стресс-коррозия) труб в последние годы стало основной причиной разрушения магистральных газопроводов. До 1990 г. число аварий газопроводов по этой причине и потери газа, связанные с ними, не превышали 10 % от всех аварий. Затем аварийность газопроводов по причине КРН стала резко возрастать и за последние 5 лет число этих аварий достигло 38 %, а потери газа и экономический ущерб от них превысили 50 %.

Первые упоминания о стресс-коррозионных разрушениях газопроводов большого диаметра появились в начале 60-х годов XX-го века, но полного понимания причин и механизмов этого явления до сих пор нет. Важно, что по причине КРН разрушаются газопроводы и с небольшим сроком эксплуатации — от 5 лет. В связи с этим предприятиям, занимающимся транспортом газа и отвечающим за безопасную эксплуатацию трубопроводов, требуются новейшие средства контроля за стресс-коррозией, а это в свою очередь, невозможно без комплексного научного изучения явления для понимания его природы и контролирующих факторов. В настоящее время маловероятно, чтобы на основе металлургических решений удалось предотвратить этот вид разрушения, т. к. помимо металлургического аспекта значительную роль играют и другие технологические несовершенства: возникновение зон предрасположенности к КРН в процессе производства труб; неудовлетворительное состояние

изоляционных покрытий; несовершенство электрохимической защиты трубопроводов; неудовлетворительное качество строительства и несоблюдение нормативно-технических требований при эксплуатации и ремонте трубопроводов [2, 4]. С помощью металлургических решений можно лишь несколько отдалить процесс разрушения во времени.

Коррозионное растрескивание под напряжением — явление хрупкого разрушения при одновременном воздействии коррозионной среды и растягивающих напряжений. Возникает этот вид разрушения на внешней поверхности трубы и представляет собой группы или колонии трещин, расположенных вдоль оси трубы (рис. 1). Трещины проникают на различную глубину (иногда до $2/3$ толщины стенки), разрушение происходит либо в результате образования течи, либо протяженного вязкого разрушения. Важно подчеркнуть, что подвержены этому виду разрушения катодно защищаемые газопроводы диаметром 1020—1420 мм с пленочной изоляцией [1, 3].

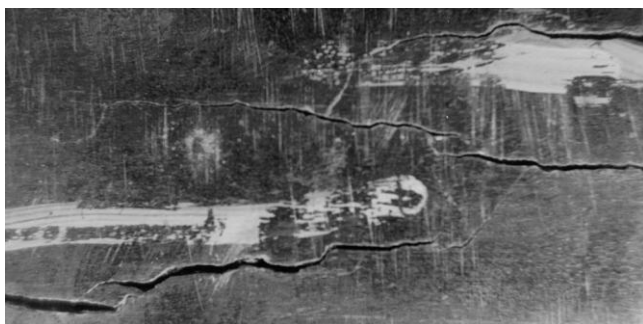


Рисунок 1. Типичные стресс-коррозионные трещины на поверхности трубы

Многолетний опыт эксплуатации магистральных газопроводов показывает, что зарождение и развитие стресс-коррозионных трещин происходит неравномерно, преимущественно на нижней образующей трубы. Длина отдельных локальных участков трассы с условиями КРН составляет, как правило, 20—250 м, но если эти участки находятся на небольшом расстоянии друг от друга или пересекаются, то длина пораженного участка газопровода может достигать нескольких километров. Очень часто стресс-коррозионные повреждения развиваются от мест с механическими повреждениями, возникающими в процессе строительства или эксплуатации. Один из примеров такого разрушения рассматривается в предлагаемой работе.

На рис. 2 представлен фрагмент аварийного излома, отобранного от газопровода диаметром 1220 мм. Дефект образовался в результате механического воздействия на трубу, повлекшего возникновение задира длиной 280 мм и максимальной глубиной до 4 мм, продольных царапин и существенных пластических деформаций металла. Кроме того, вблизи линии разрыва обнаружены трещины, не связанные с видимыми повреждениями. Трещины возникли также на дне задира, развитие этих трещин привело к аварии газопровода (рис. 2б). Следует отметить, что на поверхности аварийной трубы отсутствуют следы общей коррозии, хотя газопровод эксплуатировался до аварии 10 лет.

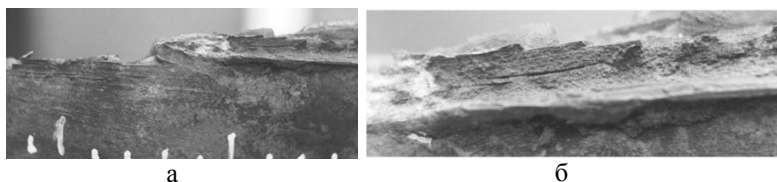


Рисунок 2. Фрагмент аварийного излома

От темплета были отобраны образцы для определения химического состава, металлографических, фрактографических исследований и для механических испытаний.

Результаты химического анализа представлены в табл. 1. По химическому составу сталь отвечает требованиям ТУ 75-86 на микролегированные мелкозернистые стали повышенной прочности, поставляемые по импорту. Сталь имеет достаточно высокую для данного класса сталей чистоту по сере и фосфору.

Таблица 1.

Химический состав исследованной стали

Содержание элементов, % вес.										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	Al	Ti
0,094	0,29	1,56	0,017	0,004	0,04	0,026	0,017	0,05	0,02	0,058
по ТУ 75-86										
0,07—	0,25—	1,50—	0,010—	0,003—	—	—	—	—	0,015—	0,005—
0,10	0,35	1,70	0,018	0,006					0,030	0,06

Результаты механических испытаний представлены в табл. 2. Видно, что величина относительного сужения значительно ниже нормативного значения, а предел текучести существенно завышен.

Все это указывает на то, что произошло заметное упрочнение металла вблизи очага разрушения.

Таблица 2.

Механические свойства исследованной стали

№№ п/п	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCV, Дж/см ²	T _{исп.} , °C
1	62,0	64,8	16,3	65,0	22,6	+20
2	65,2	66,6	11,3	62,4	21,8	-20
3	59,1	63,4	10,0	62,7	18,7	-60
ТУ 55-86	47,0	60,0	20,0	—	39,2	-20

Поверхность разрушения (излом) покрыта оксидами светлорыжевого цвета, располагается на нескольких уровнях, имеет ровные, сглаженные участки, расходящиеся рубцами (рис. 3а), что характерно для хрупкого разрушения, развивающегося во времени.

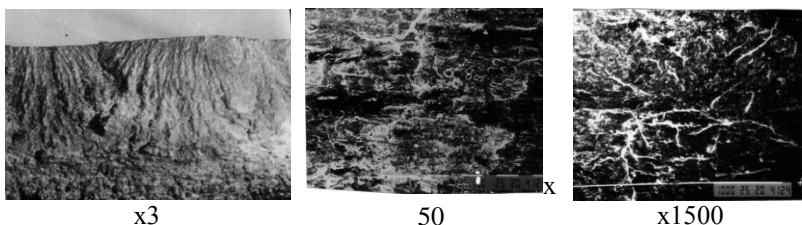


Рисунок 3. Поверхность излома в очаге разрушения: а — внешний вид поверхности; б — складчатый рельеф излома вблизи начала разрушения; в — грубые усталостные бороздки

На поверхности излома наблюдаются мелкие, ровные, лункообразные коррозионные язвы, по размеру одинаковые как в начале разрушения, так и в конце, что свидетельствует о том, что коррозионные процессы протекали на изломе после его образования. Ориентация элементов рельефа излома указывает на то, что разрушение начиналось от наружной поверхности трубопровода в месте его повреждения и имеет многоочаговый характер. Строение поверхности разрушения характеризуется складчатым рельефом с грубыми усталостными бороздками (рис. 3б), что позволяет сделать вывод об усталостном разрушении.

Структура металла феррито-перлитная, характерная для трубных сталей (рис. 4а). Изучено состояние металла в зоне пластической деформации, возникшей от механического воздействия (рис. 4б). Видно, что зарождение трещин происходит в зоне наклепа. Трещины распространяются по плоскостям скольжения, возникшим при пластической деформации, под углом 45° к наружной поверхности (рис. 4в) под влиянием коррозионных процессов, о чем свидетельствует растравленность берегов трещин. Строение и расположение трещин характеризует преобладающую роль механических напряжений в их возникновении и продвижении вглубь металла.

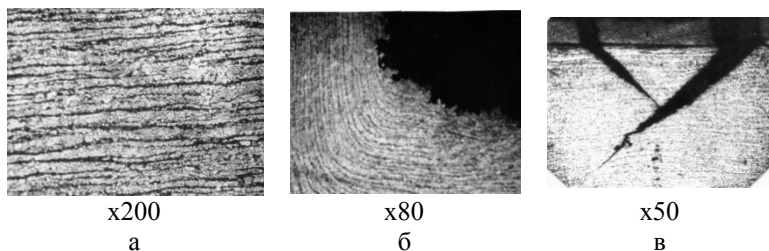


Рисунок 4. Результаты металлографического исследования:
а — структура стали в стороне от аварийного излома;
б — искажения структуры в зоне пластической деформации;
в — трещины в очаге разрушения

Таким образом, разрушение трубы в процессе эксплуатации происходило по коррозионно-механическому механизму, причем напряжения от эксплуатационной нагрузки складывались по величине с напряжениями от наклепа, возникшего от механического воздействия.

Список литературы:

1. Конакова М.А., Волгина Н.И. Формирование коррозионных повреждений на трубах магистральных газопроводов из сталей, полученных методом контролируемой прокатки. Ремонт, восстановление, модернизация, — № 3, — 2002, — с. 23—26.
2. Королев М.И., Волгина Н.И., Салюков В.В., Колотовский А.Н., Воронин В.Н. Ремонт магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением. «Ремонт, восстановление, модернизация», — № 12, — 2004, — с. 6—10.

3. Медведев В.Н., Тухбатуллин Ф.Г., Королев М.И., Волгина Н.И., Воробьев Я.В., Иванов В.С., Урусов В.С. Влияние технологии производства труб на их предрасположенность к коррозионному растрескиванию под напряжением. Обз. инфор. Сер. Транспорт и подземное хранение газа. М.: ИРЦ Газпром, 2007, — 88 с.
4. Тухбатуллин Ф.Г., Галиуллин З.Т., Карпов С.В., Королев М.И., Волгина Н.И., Салюков В.В., Митрохин М.Ю., Асадуллин М.З., Усманов Р.Р., Аскарлов Р.М., Воронин В.Н., Колотовский А.Н. Обследование и ремонт магистральных газопроводов, подверженных КРН. Обз. инфор. Сер. Транспорт и подземное хранение газа. М.: ИРЦ Газпром, 2001, — 61 с.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Соболев Алексей Александрович

*доцент Тольяттинского государственного университета,
РФ, г. Тольятти
E-mail: rooder@yandex.ru*

Кадочкин Дмитрий Станиславович

*магистрант Тольяттинского государственного университета,
РФ, г. Тольятти
E-mail: d.s.const.63@gmail.com*

Чаусов Владислав Нурмухаммадович

*студент Тольяттинского государственного университета,
РФ, г. Тольятти
E-mail: ch.v.zos@mail.ru*

WEAR RESISTANT COATING FOR CUTTING TOOL

Sobolev Alexey Alexandrovich

*docent of Togliatty State University,
Russia, Togliatty*

Kadochkin Dmitriy Stanislavovich

*postgraduate student of Togliatty State University,
Russia, Togliatty*

Chausov Vladislav Nurmuhhammadovich

*undergraduate student of Togliatty State University,
Russia, Togliatty*

АННОТАЦИЯ

В работе проведен анализ износостойких покрытий для режущего инструмента.

ABSTRACT

In this work wear-resistant coatings for cutting tool was analyzed.

Ключевые слова: ионно-плазменное напыление; износостойкость; покрытия.

Keywords: cathodic arc deposition; wear resistance; coatings.

Эксплуатационные свойства многих материалов определяются структурно-энергетическим состоянием поверхности. Следует отметить, что многие детали работают в экстремальных условиях эксплуатации, например при активном абразивном износе, ударных нагрузках и в высокотемпературном воздействии. Материалы при этом должны обладать высокой ударной вязкостью, износостойкостью, теплостойкостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью и прочностью. Все это создает основы для поверхностной модификации материалов, что подтверждается практикой — значительная часть машиностроительных деталей используется с различной упрочняющей обработкой [5], например, химико-термической обработкой, поверхностно-пластическим деформированием [1] или нанесением покрытий.

Особый интерес при упрочнении режущего инструмента представляют перспективные ионно-плазменные и газопламенные покрытия. Среди первого типа наибольшее распространение получили

многослойные покрытия [2] на основе карбидов, нитридов, карбонитридов тугоплавких металлов IV—VI групп Периодической системы химических элементов.

Уникальность свойств данных соединений связана с особенностями их кристаллохимического строения. Характерной особенностью этих металлов является наличие у них дефекта электронов на внутренних электронных орбитах *s*, *p* и *d*, что делает их весьма восприимчивыми к приобретению электрона из любого источника. Такими источниками могут быть межузельные атомы углерода, азота и кислорода.

Между указанными электронными уровнями существует лишь небольшая разница в энергии, вследствие чего становится возможным взаимопереход электронов с одного уровня на другой. Эти переходы сильно зависят от различных условий (например, температуры и давления).

Атомы кислорода, азота и углерода можно рассматривать как вставленные в решётку атомов металла. Для металлов V (*Va*, *Nb*, *Ta*) и VI (*Cr*, *Mo*, *W*) групп Периодической системы элементов, имеющих большой атомный радиус, нитриды и карбиды характеризуются более сложными структурами.

Выделяют, перспективные для применения в качестве покрытий, твёрдые материалы в зависимости от типа химической связи между атомами:

- с металлической связью (металлоподобные бориды, карбиды, нитриды и силициды переходных металлов);
- с ковалентной связью (карбиды, бориды и нитриды алюминия, кремния и бора, а также алмаз и бор);
- с ионной связью (оксиды алюминия, циркония, титана, хрома, бериллия).

Свойства основных представителей этих трёх групп твёрдых материалов приведены в таблице 1.

Все соединения характеризуются высокой твёрдостью и высокими температурами плавления, причём высокую температуру плавления имеют соединения с простой кубической структурой типа NaCl : TiC , ZrC , HfC , TiN , ZrN , HfN , VC , NbC , TaC , т. е. для них хорошо выдерживается «правило 15 %» Юм-Розери, согласно которому образование твёрдых растворов возможно лишь в тех случаях, когда максимальная разность атомных радиусов не превышает 15 %.

Таблица 1.

Структурные и механические свойства режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе нитрида титана

Покрытие	Содержание легирующего элемента, %,	a, нм	β^{111} , град.	σ_0 , МПа	H _ц , ГПа	K ₀
TiN	—	0,4235	0,49	-775	29,16	1,07
TiZrN	15,63	0,4293	0,55	-1256	38,65	1,32
TiAlN	17,55	0,4230	0,57	-902	38,39	0,91
TiMoN	13,99	0,4251	0,53	-1073	34,92	1,93
TiCrN	21,70	0,4224	0,60	-1490	34,52	1,46
TiFeN	0,85	0,4234	0,51	-697	33,20	0,82
TiSiN	1,25	0,4256	0,60	-1069	36,45	1,49

Выделяют возможные пары образования карбид-карбид: TiC-ZrC; ZrC-TaC; TiC-TaC; TiC-HfC; TiC-NbC; VC-TaC; VC-TaC.

Пары нитрид-нитрид: TiN-ZrN; ZrN-HfN; TaN-CrN; ZrN-NbN; TiN-NbN; VN-NbN.

Пары карбид-нитрид: TiC-TiN; VC-NbN; ZrC-ZrN; TiC-NbN; VC-VN; ZrC-NbN.

Карбиды и нитриды, имеют широкие области гомогенности, что позволяет в зависимости от содержания кислорода, азота и углерода достаточно сильно изменять их физико-механические свойства. Последнее обстоятельство очень важно с точки зрения возможности варьирования свойствами покрытий в зависимости от условий применения. Это обеспечивает возможность регулирования свойств в широких пределах.

Оптимизацию свойств материалов покрытий можно осуществлять получением многофазных и многослойных покрытий. Для многофазных материалов и тем более для многослойных покрытий большое значение имеет характер взаимодействия фаз на границах раздела (фаз, слоёв). Исследования компактных материалов позволяют выделить, по крайней мере, три вида поверхностей раздела:

- согласованные (когерентные) или частично согласованные на уровне кристаллических решёток поверхности;
- поверхности раздела с “переходной” (перемешанной зоной);
- свободные не (или слабо) взаимодействующие друг с другом поверхности.

Металлоподобные твёрдые материалы, как правило, образуют согласованные или полусогласованные поверхности раздела с металлами и другими металлическими материалами. Так, карбиды и нитриды переходных металлов с диборидами переходных металлов образуют согласованные поверхности раздела с низкой энергией. Примером могут служить многослойные и двухфазные покрытия TiC/TiB₂, обладающие более высокой износостойкостью, чем однофазные.

Преимущества газопламенного нанесения покрытий [6] состоят в высокой производительности процесса, локальности обработки, незначительном влиянии на подложку, возможность нанесения покрытий на изделия больших размеров, отсутствии ограничений на сочетании материалов покрытия и подложки, что позволяет охватывать большую номенклатуру упрочняемых деталей, низкий излучений, мобильность оборудования, простота его обслуживания. Этот способ позволяет без особых технологических трудностей получать покрытие с пределом прочности на отрыв не менее 55 кг/мм² при отсутствии перемешивания с металлом основы. Следует также отметить, что газопламенное напыление позволяет получать покрытия с эффектом самозатачивания [3, 4], что особенно актуально при упрочнении режущего инструмента.

Список литературы:

1. Бобровский Н.М., Мельников П.А., Бобровский И.Н., Ежелев А.В. Гиперпроизводительный способ обработки поверхностно-пластическим деформированием // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5. — С. 67.
2. Гончаров В.С., Васильев Е.В. Упрочнение длинномерных протяжек в ионно-плазменных установках типа ННВ-6.6-И1 // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2013. — № 6 (102). — С. 3—6.
3. Гончаров В.С., Мельников П.А., Попов А.Н., Васильев Е.В. Упрочнение лезвийного инструмента с созданием эффекта самозатачивания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2013. — Т. 15. — № 4-1. — С. 233—235.
4. Гончаров В.С., Мельников П.А., Попов А.Н., Васильев Е.В. Упрочняющее покрытие с эффектом самозатачивания // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2013. — № 1 (23). — С. 101—103.
5. Конструкционные материалы: Справочник / Под ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990. — 688 с.
6. Газотермическое напыление композиционных порошков / А.Я. Кулик [и др.] Л.: Машиностроение, 1985. — 199 с.

СЕКЦИЯ 5.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ СО СЛУЖБАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОПОРНЫХ И СЛУЧАЙНЫХ ФРАГМЕНТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гаглоев Эмзар Пореевич

*соискатель ученой степени канд. тех. наук кафедры УВД МГТУ ГА,
РФ, г. Москва*

E-mail: emzar-gagloev@mail.ru

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THE AIR TRAFFIC SERVICE'S ACTIVITY ON INTERACTION WITH SERVICE OF FLIGHT OPERATIONS BY APPLING THE REFERANCE AND RANDOM FRAGMENTS OF ACTIVITY

Emzar Gagloev

*degree seekers of MSTU of CA,
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В статье деятельность службы управления воздушным движением рассматривается как реализация случайных и опорных фрагментов деятельности. Поставленная задача по разложению деятельности на фрагменты выполнена с помощью математического анализа. Применением полученных результатов в деятельности службы УВД решаем проблему организации ее взаимодействия со службами обеспечения полетов.

ABSTRACT

In the article the activity of air traffic control services is considered as a realization of random and reference fragments of activities. The task of decomposition of the activities of the fragments is performed with the aid of mathematical analysis. The problem of organization of it's interaction with the services of flight operations is solved by using the obtained results in the activities of ATC service.

Ключевые слова: метод; фрагмент; проблема.

Key words: a method; a fragment; a problem.

Случайный фрагмент деятельности (СФД)-фрагмент деятельности, реализованный диспетчером по управлению воздушным движением (УВД) в процессе деятельности, вызванный необходимостью решения сложных задач по управлению воздушным движением в зоне деятельности, диктованный условиями неопределенности. Появление возможных условий неопределенности предвидеть невозможно, предсказать при этом будущую воздушную обстановку, прогнозировать и влиять на нее диспетчер УВД не может, а значит и вынужденно реализованные при этом случайные факторы деятельности прогнозированию не подлежат.

Опорный фрагмент деятельности (ОФД) — это процесс реализации диспетчером УВД функционального элемента, предписанного технологией работы, отобранного по критериям частоты встречаемости, интенсивности и устойчивости [2].

Применением случайных и опорных факторов деятельности диспетчера УВД решается, существующая на сегодняшний день, философская контрверза «часть-целое», которая находит свое отражение в противопоставлении двух научных методологий — *репродукционизма* и *хаолизма* [1]. Методология *репродукционизма*, которая опирается на следующий тезис: свойства целого объяснимы через свойства соответствующих его элементов. Методология *хаолизма* утверждает, что нельзя без потерь анализировать целое с точки зрения его частей. Математически точка зрения методологии *репродукционизма* выражается как:

$$\sum_1^n x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \quad (1).$$

С другой стороны точка зрения методологию *хаолизма* математически можно выразить как:

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \neq \sum_1^n x \quad (2).$$

Из формулы (2)

$$x_1+x_2+x_3+\dots+x_n = \sum_1^n x - \sum_1^n X \quad (3).$$

Таким образом, В полном описании деятельности, с точки зрения хаолизма, присутствует величина $\sum_1^n X$ выражающую *потерю*. В деятельности диспетчера УВД такая посторонняя величина представляет собой реализацию случайных фрагментов деятельности. Математическое применение ОФД и СФД в практической деятельности диспетчера УВД можно записать в виде:

$$x=x_1+x_2 \quad (4),$$

отсюда

$$\sum_1^n x = \sum_1^n x_1 + \sum_1^n x_2 \quad (5),$$

Где

$$\sum_1^n x_1 = x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + \dots + x_{1,n} \quad (6),$$

И

$$\sum_1^n x_2 = x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + \dots + x_{2,n} \quad (7),$$

подставим формулы (3.4) и (3.5) в формулу (3.1) и получим:

$$\sum_1^n x = (x_{1,1} + x_{2,1}) + (x_{1,2} + x_{2,2}) + (x_{1,3} + x_{2,3}) + \dots + (x_{1,n} + x_{2,n}) \quad (8),$$

где: x — суммарный фрагмент деятельности диспетчера УВД;

x_1 — опорный фрагмент деятельности;

x_2 — случайный фрагмент деятельности.

Решения задачи по управлению воздушным движением представляет собой функцию $y=f(x)$, при этом подставляя в данную функцию формулу (4) получим, что

$$y=f(x_1+x_2) \quad (9),$$

при этом $x_1=const$ т.к. его реализация предписана руководящими документами. В тоже время $x_2 \neq const$, переменная, выражающая условия неопределенности (СФД) в деятельности диспетчера УВД.

$$y \equiv x_2 ,$$

т. е.

$$y = k x_2 ,$$

где: k — коэффициент погрешности реализации СФД;

x_2 — случайный фрагмент деятельности.

Из формулы (9) видно, что существенное влияние на конечный результат деятельности диспетчера УВД зависит от реализации случайных фрагментов деятельности (рис. 1).

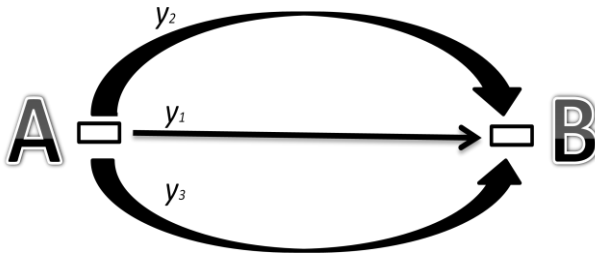


Рисунок 1. Различные варианты решения задачи УВД

Диспетчер УВД осуществляет деятельность по обслуживанию воздушным движением в строго определенное время, в определенной зоне ответственности и обслуживает только те воздушные суда, которые находятся в его зоне ответственности. Несомненно, именно время является основной характеристикой деятельности и поэтому, разделим формулу (8) на переменную t , на текущее время реализации фрагментов деятельности и получим:

$$\sum_1^n x / \sum_1^n t = (x_{1,1} + x_{2,1})/t_1 + (x_{1,2} + x_{2,2})/t_2 + (x_{1,3} + x_{2,3})/t_3 + \dots + (x_{1,n} + x_{2,n})/t_n \quad (10).$$

Из формулы (10) получаем физический смысл деятельности, которая определяет величину, характеризующую скорость осуществления деятельности диспетчером УВД. Применением переменной v и подставляя в формулу (10) получим:

$$\sum_1^n v = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n \quad (11).$$

Рассмотрим пример, когда диспетчер УВД управляет одновременно какими-то тремя и более ВС. В таком случае Формулу (11) можно записать в виде уравнений:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n v_i &= v_{i1} + v_{i2} + v_{i3} + \dots + v_{in} \\ \sum_{j=1}^n v_j &= v_{j1} + v_{j2} + v_{j3} + \dots + v_{jn} \\ \sum_{k=1}^n v_k &= v_{k1} + v_{k2} + v_{k3} + \dots + v_{kn}. \end{aligned} \quad (12),$$

где: v_i — скорость реализации фрагментов деятельности i -го ВС,
 v_j — скорость реализации фрагментов деятельности j -го ВС,
 v_k — скорость реализации фрагментов деятельности k -го ВС.
 В случае, если переменные формул соответствуют условиям

$$v_{in} = v_{jn} = v_{kn}, \quad t_i = t_j = t_k \quad \text{и} \quad x_{li} = x_{lj} = x_{lk},$$

это означает, что диспетчеру УВД придется сталкиваться с потенциально конфликтной ситуацией. Для предотвращения таких ситуаций необходима реализация случайных фрагментов деятельности, которая выступать как механизм регулирования деятельности диспетчера УВД.

Разложения деятельности диспетчера УВД на опорные и случайные фрагменты дает возможность их применения в организации взаимодействия службы УВД со службами обеспечения полетов. Основная цель предлагаемого метода состоит в теоретической подготовке, а также и выработке навыков действий студентов при выполнении упражнений на диспетчерских тренажерах повышенной интенсивности движения (трудности), а также навыков действий по управлению воздушным движением в неопределенных ситуациях с обязательным соблюдением требований по обеспечения безопасности полетов.

Список литературы:

1. Большой толковый словарь русского языка. Ред. Кузнецов С.А. СПб.: Норинт, 2000. — 1536 с.
2. Гаглоев Э.П. Философские аспекты деятельности оператора диспетчерской службы УВД. //Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 182(8).

СЕКЦИЯ 6.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА СВЕРХКРИТИЧЕСКИМИ РАСХОДОМЕРАМИ, С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЖРД

Кружаев Константин Владимирович

*аспирант кафедры ракетные двигатели, ФГБОУ ВПО
Воронежского государственного технического университета,
РФ, г. Воронеж
E-mail: rd-vgtu@mail.ru*

Цыганов Александр Александрович

*аспирант кафедры ракетные двигатели, ФГБОУ ВПО
Воронежского государственного технического университета,
РФ, г. Воронеж
E-mail: rd-vgtu@mail.ru*

Малетин Андрей Николаевич

*студент кафедры ракетные двигатели, ФГБОУ ВПО
Воронежского государственного технического университета,
РФ, г. Воронеж
E-mail: rd-vgtu@mail.ru*

**ESTIMATION OF MEASUREMENT ACCURACY
OF GAS FLOW SUPERCRITICAL FLOW METERS,
WITH THE AIM OF IMPROVING
THE CHARACTERISTICS OF UNITS
AND UNITS OF LIQUID ROCKET ENGINES**

Kruzhaev Konstantin Vladimirovich

*postgraduate of chair rocket engines,
FGBOU VPO Voronezhsky of the state technical university,
Russia, Voronezh*

Tsyganov Alexander Aleksandrovich

*postgraduate of chair rocket engines,
FGBOU VPO Voronezhsky of the state technical university,
Russia, Voronezh*

Maletin Andrey Nikolaevich

*postgraduate of chair rocket engines,
FGBOU VPO Voronezhsky of the state technical university,
Russia, Voronezh*

АННОТАЦИЯ

Приведен алгоритм оценки погрешности определения расхода газа сверхкритическими расходомерами, характеристика которых получена на установке для калибровки газовых расходомеров весовым способом. Погрешность определения коэффициента расхода при калибровке критических расходомеров менее $\pm 0,25\%$, что значительно меньше существующих. Данное обстоятельство позволяет достигать погрешности определения расходных характеристик при испытании улов и агрегатов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) равной $\sim 0,5\%$.

ABSTRACT

An algorithm for estimating of measurement accuracy in determining the gas flow supercritical flow meters, of which the characteristics obtained at the facility for the calibration of gas flow by the weight method. The measurement accuracy in determining the calibration coefficient of the critical flow meters less than $\pm 0,25\%$, which is significantly less than the existing ones. This allows us to reach error in determining the flow characteristics during the test and catch liquid rocket engines units of $\sim 0,5\%$.

Ключевые слова: турбонасосный агрегат; расходомер; расход; газ; коэффициент расхода; погрешность.

Keywords: turbo-pump unit; flowmeter; fuel; gas; flow coefficient; measurement accuracy.

Актуальность работы вызвана необходимостью разработки новых прогрессивных технологий при создании (ЖРД). Проблемой при их создании является обеспечение расходных характеристик форсунок, клапанов, трактов охлаждения, турбин турбонасосного агрегата (ТНА) с высокой точностью, что в значительной степени определяется используемой системой измерения при газодинамических испытаниях. Решение данной проблемы требует применения нового оборудования и высокоточных систем измерения, позволяющих определять расход газа с низкой погрешностью, в частности, для снижения конструкторского допуска на расход.

При доводке двигателей повышение точности определения характеристик форсунок позволяет снизить конструкторский допуск для расходов компонентов топлива, что увеличивает равномерность работы форсунок в камере сгорания (КС), влияет на полноту сгорания в КС и, следовательно, на повышение удельного импульса. В газогенераторе данная проблема также актуальна, поскольку неравномерная работа форсунок вызывает локальное повышение температуры, что сказывается на надёжности турбины.

Повышение точности определения расхода воздуха при испытании турбины способствует увеличению точности определения КПД, приведённого расхода, мощности турбины, что положительно влияет на настройку номинального режима работы двигателя.

Все перечисленные виды работ требуют повышения точности при измерении расходов воздуха как малых (от 0,5 г/с), так и увеличенных (до 20 кг/с).

Как средство измерения массового расхода газа большое распространение получили сверхкритические расходомеры [1, 4]. Чтобы обеспечить измерения с помощью сверхкритических расходомеров необходима калибровка, основной целью которой является определение коэффициента расхода μ .

Для обеспечения требуемой точности характеристик сверхкритических расходомеров создана установка для калибровки газовых расходомеров весовым способом [3] (рис. 1).

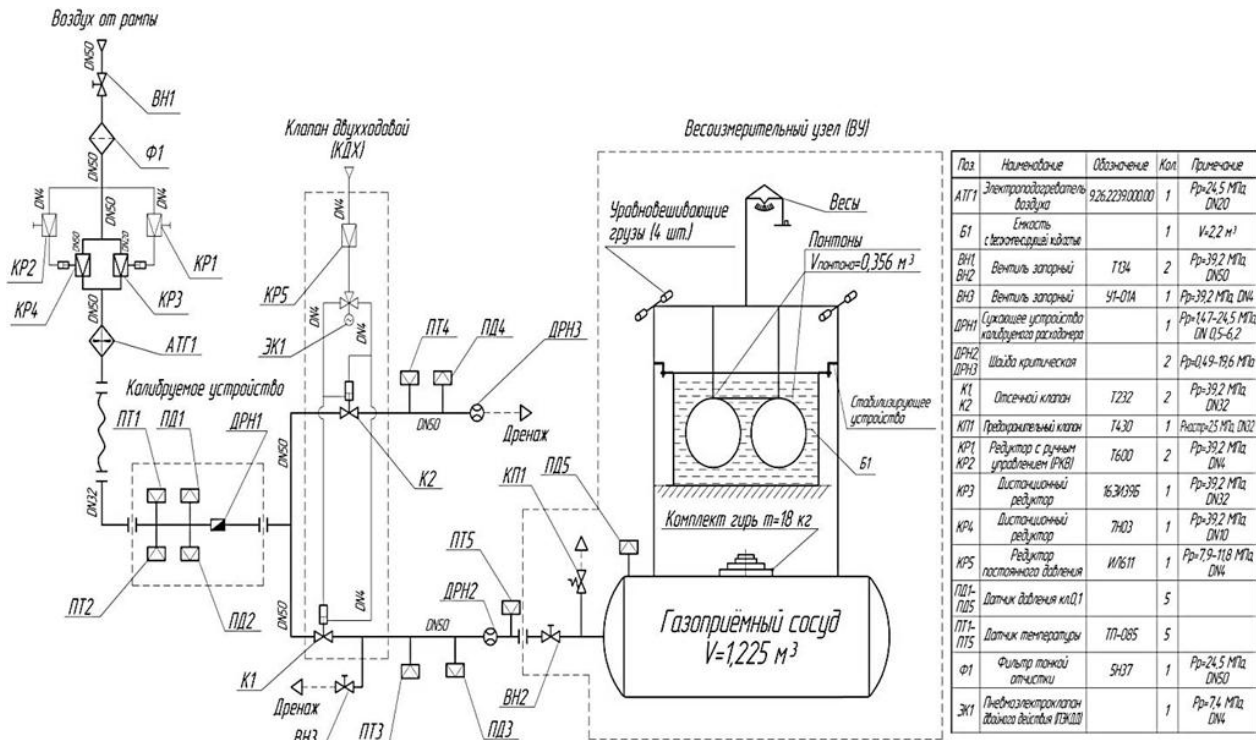


Рисунок 1. Установка для калибровки газовых расходомеров весовым способом

Погрешность получения характеристик на установке для калибровки газовых расходомеров весовым способом [3] характеризуется неисключённой систематической погрешностью [2, 5].

Неисключённые систематические погрешности рассчитываются исходя из формул расчёта анализируемых параметров, приведённых ниже:

- расход воздуха через калибруемый расходомер по формулам [1, 3]:

$$m_{ГПС} = m_{ГПС1} + m_{Г1} - m_{ГПС0}, \quad (1)$$

$$m_{\Sigma} = m_{ГПС} + m_1, \quad (2)$$

$$\dot{m}_C = \frac{m_{\Sigma}}{\tau}, \quad (3)$$

где: $m_{ГПС}$ – масса воздуха в газоприёмном сосуде, кг;

$m_{ГПС1}$ – масса заполненного газоприёмного сосуда, кг;

$$m_1 = \frac{P_{Шленскон} \cdot V_H}{R \cdot T_{ГПСкон}} - \text{масса неучтённого газа, кг;}$$

V_H – объём невзвешиваемой части газа, м³;

$P_{Шленскон}$ – давление в объёме невзвешиваемой части газа, МПа;

$T_{ГПСкон}$ – температура невзвешиваемой части газа, К;

\dot{m}_C – массовый расход газа через калибруемое устройство, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

$\tau = \tau_{1-2} + \Delta\tau$ – время заполнения газоприёмного сосуда, с;

τ – суммарное время заполнения газоприёмный сосуд (ГПС), с;

$\tau_{1-2} = \tau_2 - \tau_1$ – время заполнения ГПС на установившемся режиме, с;

$\Delta\tau = \tau_{кор\ вых} - \tau_{кор\ ост}$ – поправка на время заполнения ГПС

за счёт переходных процессов при переключении клапанов, с;

$\tau_{кор\ вых}$ – приведённое время выхода на режим, с;

$\tau_{кор\ ост}$ – приведённое время останова, с;

- коэффициент расхода калибруемого расходомера [1, 2]:

$$\mu = \frac{\dot{m}_C \cdot \sqrt{R \cdot T_C}}{F_C \cdot \xi \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \cdot p_C \cdot \sqrt{k}}, \quad (4)$$

где: μ – газодинамический коэффициент расхода расходомера;

T_C – температура на входе в калибруемое устройство, К;

$F_C = \frac{\pi \cdot D_C^2}{4}$ – площадь критического сечения расходомера, м²;

D_C – диаметр критического сечения сужающего устройства, м;

ξ – термодинамический коэффициент расхода, $\xi = f(P_0, T_0)$ [5];

k – показатель изоэнтропы;

R – газовая постоянная, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Погрешность результата прямого измерения массы:

$$\delta_0(m_{\text{изм}}) = \sqrt{[\delta_0(\text{гирь})]^2 + [\delta_0(\text{весов})]^2}, \quad (5)$$

где: $\delta_0(\text{гирь})$ – погрешность образцовых гирь, %;

$\delta_0(\text{весов}) = \frac{a \cdot 100}{m_{\text{ГПС}}}$ – погрешность доли массы, измеренной

весеами, %;

a – абсолютная погрешность показания весов.

Погрешность определения невзвешиваемой части газа:

$$\delta_0(m_1) = \sqrt{[\delta_0(p_{\text{шор}})]^2 + [\delta_0(V_H)]^2 + [\delta_0(R)]^2 + [\delta_0(T_{\text{ГПС}})]^2}, \quad (6)$$

где: $\delta_0(V_H)$ – погрешность измерения объема невзвешиваемой части газа;

$\delta_0(V_{\text{ГПС}})$ – погрешность измерения объема ГПС.

Погрешность измерения массы газа:

$$\delta_0(M_\Sigma) = \sqrt{\left[\frac{m_{\text{ГЛС}}}{m_\Sigma} \cdot \delta_0(m_{\text{ГЛС}}) \right]^2 + \left[\frac{m_1}{m_\Sigma} \cdot \delta_0(m_1) \right]^2}, \quad (7)$$

Погрешность измерения массового расхода газа:

$$\delta_0(\dot{m}) = k \cdot \sqrt{[\delta_0(m_\Sigma)]^2 + [\delta_0(\tau)]^2}, \quad (8)$$

где: $k = 1,1$ – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью (в нашем случае доверительная вероятность $P=0,95$);

$\delta_0(\tau) = 0,05\%$ – погрешность интервала времени усреднения.

Относительную систематическую погрешность определения коэффициента расхода газового расходомера при калибровке на исследуемой установке [3]:

$$\delta_0(\mu) = \pm \left\{ [\delta_0(\dot{m})]^2 + [\delta_0(p_C)]^2 + [\delta_0(F_C)]^2 + [\delta_0(\xi)]^2 + \right. \\ \left. + [\delta_0(C_*)]^2 + \frac{1}{4} \cdot [(\delta_0(T_C))^2 + (\delta_0(R))^2] + [\delta_0(L - Card)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

где: $\delta_0(L - Card) = 0,05\%$ – погрешность системы непрерывной записи данных на ЭВМ;

$\delta_0(\xi) = 2 \cdot \frac{c_\xi \cdot 100\%}{\xi}$ – погрешность определения термодинами-

ческого коэффициента расхода, %;

$c_\xi = 0,00005$ – половина разряда последней значащей цифры;

$\delta_0(F_C) = \frac{c_d \cdot 100\%}{d_C}$ – погрешность определения площади

расходомера, %;

$c_d = 3 \cdot 10^{-6}$ м – абсолютная погрешность прибора для измерения диаметра сужающего устройства расходомера;

$\delta_0(R) = 2 \cdot \frac{c_R \cdot 100\%}{R}$ – погрешность определения газовой постоянной, %;

$c_R = 0,005 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ – половина разряда последней значащей цифры

в числе, выражающем значение R;

$\delta_0(C_*) = 2 \cdot \frac{c_{C_*} \cdot 100\%}{C_*}$ – погрешность определения функции критического расхода совершенного газа (в нашем случае $C_* = 0,6847$), %;

$c_{C_*} = 0,00005$ – половина разряда последней значащей цифры в числе, выражающем значение C_* ;

$$\delta_0(p_C) = \pm \sqrt{\left(\frac{b \cdot p_{\max}}{P_{Сизм}}\right)^2 + \left[\frac{p_{бар.к}}{P_{Сизм}} \cdot \left(\frac{b_{бар} \cdot 100}{P_{бар}}\right)\right]^2} + [\delta_0(кн_{pc})]^2 -$$

предел относительной систематической погрешности измерения давления перед расходомером, %;

b – класс точности прибора (погрешность прибора, отнесённая к верхнему пределу измерений), %;

$b_{бар}$ – абсолютная погрешность прибора измерения, мм. рт. ст.;

$p_{бар.к}$ – барометрическое давление, МПа ;

$p_{бар}$ – барометрическое давление, мм.рт.ст.;

$\delta_0(кн_{pc})$ – относительная погрешность обработки и регистрации измерительного канала датчика давления, %;

$p_{C_{\max}}$ – верхний предел измерения датчика давления, МПа;

$P_{Сизм}$ – показание датчика в процессе измерения давления, МПа;

$$\delta_0(T_C) = \pm \sqrt{\left[\frac{A \cdot 100}{T_C}\right]^2 + \left[\frac{A_{кн.Tc} \cdot 100}{T_C}\right]^2} - \text{предел относительной}$$

систематической погрешности измерения температуры, %;

T_C – температура газа перед сужающим устройством расходомера, К;

$$A = \left(\frac{12}{R_T} \right) + \left(\frac{4}{1000} \right) \cdot T_C - \text{абсолютная погрешность прибора}$$

измерения температуры, °C;

R_T – сопротивление датчика температуры, Ом;

$A_{\text{кн.Тс}}$ – абсолютная погрешность обработки и регистрации измерительного канала датчика температуры, К.

Произведённый по алгоритму расчёт сведён в таблицу 1 для расходомеров трёх типоразмеров:

Таблица 1.

Результат расчёта погрешности

Рассчитываемый параметр			Диаметр сужающего устройства расходомера, мм		
Наименование	Обозн.	Ед. изм.	1,401	6,171	2,210
Погрешность результата прямого измерения массы	$\delta_0(m_{\text{изм}})$	%	0,0138	0,0134	0,0139
Погрешность определения невзвешиваемой части газа	$\delta_0(m_1)$	%	1,575	1,575	1,575
Погрешность измерения массы газа	$\delta_0(m)$	%	0,00249	0,00248	0,00248
Погрешность измерения массового расхода газа	$\delta_0(\dot{m})$	%	0,0551	0,0551	0,0551
Относительная систематическая погрешность определения коэффициента расхода	$\delta_0(\mu)$	%	0,238	0,2378	0,2366

Разработанный принцип сбора и обработки информации с программой для автоматизации проведения испытаний газовых расходомеров позволяют получить погрешность определения коэффициента расхода при калибровке критических расходомеров менее $\pm 0,25\%$, что значительно меньше существующих. Данное обстоятельство позволяет достигать погрешности определения расходных характеристик при испытании улов и агрегатов ЖРД равной $\sim 0,5\%$

Произведено сравнение полученной характеристики на экспериментальной установке и характеристики полученной методом сличения

с образцовым расходомером. Необходимо отметить, что получена удовлетворительная сходимость результатов несмотря на то, что среднеквадратическое отклонение коэффициента расхода получаемого методом сличения превышает среднеквадратическое отклонение коэффициента расхода полученного на экспериментальной установке на 65 %—85 %.

Список литературы:

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Ч. 1 М.: Наука, 1991 — 600 с.
2. ГОСТ 8.381-2009 ГСИ. Эталоны. Способы выражения точности. М.: Стандартиформ, 2011 — 18 с.
3. Кружаев К.В., Ермошкина Л.Г., Качанов Г.К. «Повышение точности измерения массового расхода газа с использованием критических газовых расходомеров». РКТТ 2011. — с. 133—140.
4. Пирумов У.Г., Росляков Г.С. Газовая динамика сопел. М.: Наука, 1990 — 368 с.
5. РД 50-213-80. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами. М.: Издательство стандартов, 1982 — 319 с.
6. «Основы газовой динамики». Редактор Г. Эммонс. М.: Издательство иностранной литературы, 1963 — 704 с.

СЕКЦИЯ 7.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СОВРЕМЕННАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДОБАВКА ЖККА

Капленко Ольга Александровна

канд. техн. наук, доцент

*Белгородского государственного технологического
университета им. В.Г. Шухова, Северо-Кавказского филиала,*

РФ, г. Минеральные Воды

E-mail: olya-oite@mail.ru

MODERN UNIVERSAL ADDITION ZHKKA

Kaplenko Olga

*candidate of Technical Sciences, docent, North-Caucasian Branch
of Belgorod State Technological University VG Shukhov,*

Russia, Mineral Waters

АННОТАЦИЯ

В статье изучена возможность получения комплексной многофункциональной добавки и ее влияния на свойства и структуру бетонов.

ABSTRACT

The article explored the possibility of obtaining an integrated multi-functional additive and its effect on the properties and structure of the concrete.

Ключевые слова: воздухововлекающая добавка; пластифицирующий эффект; морозостойкость; цемент.

Keywords: air-entraining agents; plasticizing effect; frost-resistance; cement.

В современной технологии дорожных бетонов предусматривается применение воздухововлекающих добавок — поверхностно-активных

веществ, повышающих значительно его морозостойкость и срок службы покрытий автомобильных дорог и аэродромов.

Для повышения физико-механических и технологических свойств бетонов прочности, морозостойкости, ускорения твердения в бетоны вводят также комплексные добавки пластифицирующие и воздухововлекающие СДБ+СНВ, СДБ+СПД, ВРП+С; пластифицирующие-воздухововлекающие и воздухововлекающие добавки — ПАЩ-1+СНВ, ПАЩ-1+СПД, ПАЩ-1+С, ПАЩ-1+ОП; пластифицирующие-воздухововлекающие добавки и ускорители твердения — ПАЩ-1+ТНФ, ТКЖ-11+НК, ТКЖ-10+НК, НЧК+СН, КЧНР+СН, ПАЩ-1+НК,; воздухововлекающие добавки и ускорители твердения — СНВ+СН; СНВ+ННХК, СНВ+НК, СПД+СН, СПД+ННХК; пластифицирующих, воздухововлекающих и ускорителей твердения — СДВ+СНВ+СН, СДБ+СНВ+НК, СДБ+СПД+СН, СДБ+СПД+НК, СДБ+НЧК+СН; пластифицирующие, пластифицирующие-воздухововлекающие добавки и ускорители твердения — СДБ+КЧНР+СН.

В зависимости от состояния добавки ПАВ в водном растворе условно различают на истинно растворимые (молекулярно-диспергированные истинные растворы) и коллоидные растворы [2, с. 5].

Различают анионные, катионные и неионогенные ПАВ.

Анионные ПАВ содержат в молекуле одну или несколько молекулярных групп, при диссоциации в водном растворе образуют длинноцепочные анионы $-\text{COOH}$, $-\text{OSO}_2\text{OH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$. Гидрофобная часть молекулы обычно представлена непредельными или предельными алифатическими цепями или алкилароматическими радикалами. Поверхностная активность начинает проявляться при длине углеродной гидрофобной цепи $\text{C } 8$ и с увеличением длины цепи активность продолжает увеличиваться вплоть до полной потери растворимости ПАВ в воде (обычно при достижении числа углеродных атомов C в цепи равном 18) [3, с. 66].

Катионоактивные ПАВ в водном растворе диссоциируют с образованием поверхностно-активного катиона с длинной гидрофобной цепью и аниона — обычно галогенида. Преобладающими среди катионных ПАВ являются азотсодержащие соединения: амины и их соли, четвертичные аммониевые соединения с различными функциональными группами и др. [5, с. 65].

Неионогенные ПАВ не диссоциируют в воде. Их растворимость в воде обусловлена наличием в молекулах гидрофильных эфирных и гидроксильных групп, чаще всего полиэтиленгликолевой цепи. При растворении, в следствие возникновения водородной связи между

кислородными атомами полиэтиленгликолевого остатка и молекулами воды, образуются гидраты. Получение неионогенных ПАВ основано на реакции присоединения этиленоксида к жирным кислотам, спиртам, алкилфенолам и др. [7, с. 10].

Поскольку на поверхности минералов цемента и заполнителей имеются как отрицательные, так и положительные заряды [6, с. 18], то естественно, что эффективность поверхностно-активных добавок будет зависеть от наличия в их составе положительно и отрицательно заряженных ионов или функциональных групп.

С этой целью в ФГБОУ ВПО СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова была изучена возможность получения комплексной многофункциональной добавки на основе высшей жирной кислоты, карбамида и хлористого аммония [1, с. 99],

Изучалось получение воздуховлекающей и пластифицирующей добавки путем проведения реакции синтеза высших жирных кислот (ВЖК) с карбамидом и хлористым аммонием [4, с. 4]. На модельных системах карбамид-хлористый аммоний — карбоновая кислота (ВЖК) изучалась кинетика реакции. Свойства индивидуальных исходных веществ соответствовали требованиям ГОСТ. Реакция проводилась в термостатированной четырехгорлой колбе, снабженной мешалкой с ртутным затвором, термометром, ловушкой Дина и Старка с холодильником и пробоотборным устройством. В колбу подавался азот. Опыты проходили в интервале температур 40—90 °С с точностью поддержания температуры ± 1 °С. Отбирались пробы для определения кислотного числа. Ход реакции между сырьевыми компонентами, взятыми в эквимольных количествах, в интервале 40—90 °С некоторое время характеризуется прямыми линиями, т.е. описывается уравнением 1-го порядка, затем скорость суммарной реакции уменьшается. Константы (К) (по кислоте) при 40, 65 и 90 °С соответственно равны $3,1 \cdot 10^{-5}$, $7,8 \cdot 10^{-5}$ и $18,0 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, т.е. с повышением температуры на 10 °С скорость увеличивается в 2,4 раза (рисунок 1).

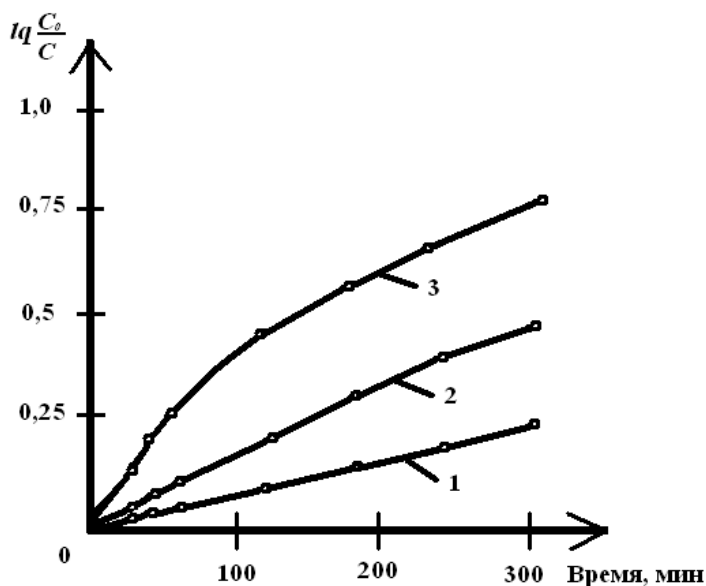


Рисунок 1. Кинетика реакции между карбамидом, хлористым аммонием и ВЖК при различных температурах: 1 — плюс 40 °С; 2 — плюс 65 °С; 3 — плюс 90 °С

Энергия активации (E) равна 29,0 ккал/моль. При 65 °С и 90 °С реакция объединения практически завершалась за 3,2 ч. Продукты, полученные при 65—90 °С, представляют собой смесь уреидов разной степени ацилирования. При 65 °С изучалась кинетика реакции между карбамидом разных марок, хлористым аммонием и ВЖК С18 (таблица 1). Скорость реакции с карбамидом марки «Б» несколько больше, чем с маркой «А». Различие видно вначале и сглаживается к концу процесса. За 4—5 ч. реакций превращение реагентов происходит на 95—96 %.

Качество продуктов зависит от соотношения ВЖК, карбамида и хлористого аммония и естественно свойств реагентов. Из карбамида, хлористого аммония и ВЖК можно получить разработанную добавку на установке непрерывного действия (рисунок 2).

Таблица 1.

Изменение содержания связанной ВЖК от времени реакции
с карбамидом разных марок и хлористым аммонием
(температура 65 °С)

Продолжи- тельность, мин	ВЖК, вступившая в реакцию, %, с карбамидом марки	
	«А»	«Б»
40	73,8	76,0
60	82,0	85,0
120	90,7	92,5
180	93,5	94,3
240	94,8	95,8
300	95,7	96,2

ВЖК из обогреваемой емкости насосом *H-1*, а 50 % водный раствор карбамида и хлористого аммония — насосом *H-2* из емкости 2 подается в змеевиковый реактор 3, помещенный в песчаную баню с электрообогревом. Парожидкостная смесь продуктов реакции направляется в отпарную колонну 4. С верха колонны пары воды, сконденсировавшись, попадают в отстойник 5. С низа колонны присадка выводится в емкость 6. Температура процесса 65—80 °С, объемная скорость 1,0—1,5 л/мин.

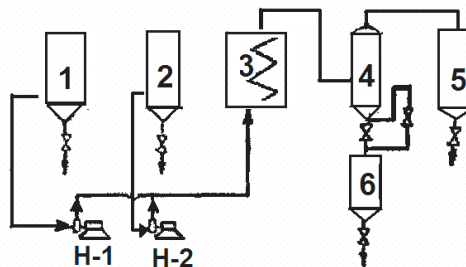


Рисунок 2. Принципиальная схема установки получения эмульгаторов: 1 — емкость ВЖК; 2 — емкость водного раствора карбамида и хлористого аммония; 3 — реактор; 4 — отпарная колонна; 5 — отстойник; 6 — емкость готового продукта; *H-1*, *H-2* — насосы

Таблица 2.

**Физико-химические свойства продуктов, полученные
из карбамида марки А, хлористого аммония и ВЖК
(при соответствии ВЖК:карбамид:хлористый аммоний=1:1:0,2
и 0,2:3:0,6)**

Показатели	Соотношения ВЖК:карбамид:хлористый аммоний	
	1:1:0,2	0,2:3:0,6
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1117	1190
Вязкость, сСт, при 20 °С	171,7	22,5
Массовая доля свободного аммиака, %	0,00001	0,00003
Щелочность, мг КОН/г	350	476
Кислотное число, мг КОН/г	5,6	2,5

Эффективность разработанного продукта определялась по ГОСТ 30459-2003, а также по подвижности цементного теста и температуре растрескивания образца цементного камня толщиной 5 мм, расположенной на рифленной пластине из инвара, коэффициент линейного расширения которого близок к 0. Расплав конуса исходного цементного теста при В/Ц = 0,32, равен 140 мм.

Как следует из таблицы 2 продукт, полученный при соотношении ВЖК:карбамид:хлористый аммоний=1:1:0.2 обладает воздухововлекающим эффектом и в некоторой степени является пластификатором, а при соотношении компонентов соответственно 0.2:3:0.6 воздухововлекающий эффект ослабевает, а пластифицирующий возрастает.

Таблица 3.

**Подвижность цементного теста в зависимость
от состава добавки ЖККА**

№ п/п	Состав добавки			Расплав конуса, мм при содержании добавки, % от массы цемента					
	ВЖК	К	А	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	1,5	1,0	0,2	40	40	44	50	48	150
2	1,0	1,0	0,2	40	42	46	55	55	159
3	0,7	1,0	0,2	40	51	54	60	63	161
4	0,3	1,0	0,2	40	55	58	64	65	165
5	0,0	1,0	0,2	40	42	64	69	74	174

Оптимальная дозировка добавки ЖККА для дорожных бетонов — 0,008—0,02 % массы цемента (в расчете на сухое вещество добавки) — в зависимости от свойств пластифицирующих добавок, применяемых в комплексе с ней, характеристики заполнителей, условий приготовления бетонных смесей и типа бетоносмесителя.

Добавка ЖККА является поверхностно-активным веществом и по основному действию на бетонные смеси и бетоны (регулирование пористости) относится к воздухововлекающим и пластифицирующим добавкам. Применение добавки ЖККА в дорожном бетоне обеспечивает создание системы условно-замкнутых пор в его структуре и, тем самым, — необходимой морозостойкости и, кроме того, пластифицирует бетонные смеси и повышает их стойкость против расслоения.

Применение добавки ЖККА расширит номенклатуру воздухововлекающих добавок и снизит стоимость приготовления бетонных смесей, используемых в дорожном и аэродромном строительстве, а так же значительно повысить морозостойкость и трещиностойкость бетонов.

Список литературы:

1. Комарова Н.Д. Управление структурообразованием бетонов с помощью химических добавок (модификаторов): Наука, экология и педагогика в технологическом университете: сб. научн. докл. № 2 научн.- практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов // Минеральные Воды: издательство СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова 2006. — С. 97—106.
2. Сахибгареев Р.Р. Структура и свойства бетона с добавками анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ: Автореф. дис. канд. техн. наук. Л.: Стройиздат, 1989. — 24 с.
3. Сватовская Л.Б. и др. Управление трещиностойкостью тонкослойных композиционных покрытий на цементной основе // Цемент и его применение. — 2005. — № 5. — С. 66—67.
4. Середа О.А. Дорожные цементобетоны на некондиционных заполнителях Северного Кавказа: Автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. — 24 с.
5. Трошкина Е.А. Управление структурой и долговечностью бетона с помощью пластифицирующих добавок // Технологии бетонов. — 2008. — № 2. — С. 66—67.
6. Тейлор Х. Химия цемента М.: Мир, 1996. — 560 с.
7. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы // Строительные материалы. — 2006. — № 10. — С. 8—12.

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУХОВОВЛЕЧЕНИЯ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ

Курбатов Владимир Леонидович

*канд. техн. наук, профессор
Белгородского государственного технологического университета
им. В.Г. Шухова, Северо-кавказского филиала,
РФ, г. Минеральные Воды*

INFLUENCE OF AIR ENTRAINMENT ON CRACK RESISTANCE OF PAVEMENT CONCRETE

Vladimir Kurbatov

*candidate of Science, professor of North Caucasus branch
of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Russia, Mineralnye Vody*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены работы, посвященные трещиностойкости бетонов и методам ее определения. Показаны преимущества разработанного устройства для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов. Устройство было использовано при определении влияния пластифицирующих и воздухововлекающих добавок на структурные внутренние напряжения при твердении бетонов и температурные напряжения при их охлаждении, а также на температуры растрескивания от действия этих напряжений.

ABSTRACT

There are examined works devoted to the question of crack resistance of concrete and estimation methods of it. There are shown advantages of the developed device for identification of internal stress and crack resistance of materials. The device has been used when defining the influence of water-reducing and air-entraining admixtures on structured internal stresses during concrete curing, on thermal stresses during its cooling down and on cracking temperatures from stresses effect.

Ключевые слова: трещиностойкость бетонов; методы испытания; добавки.

Keywords: crack resistance of concrete; testing methods; admixtures.

Подавляющее число работ различных исследователей, как в нашей стране, так и за рубежом, посвящены изучению прочности бетона и только в отдельных исследованиях Мальцева К.А., Берга О.Я., Зайцева Ю.В., Бабкова В.В., Панасюка В.В., Гузеева Е.А., Леоновича С.Н., Милованова А.Ф. Шейкина А.Е., Федорова А.Е., Грушко И.М. и других авторов уделяется внимание проблемам трещиностойкости бетонов. Это связано с трудоемкостью исследований трещиностойкости бетонов и недостаточной разработки экспериментальных методов ее объективной оценки.

Специфической особенностью цементных бетонов является весьма существенное различие между показателями прочности на сжатие и показателями прочности на растяжение или при изгибе, которые определяют в какой-то мере их трещиностойкость. Трещинообразование в дорожных цементобетонных покрытиях согласно [2] обусловлено усадочными деформациями, возникающими при твердении бетонов, испарении воды и при их охлаждении. Наряду с этим дополнительные деформации (сжатия или растяжения) в дорожном цементобетонном покрытии всегда появляются при замерзании грунтового основания, имеющего в различных точках неодинаковую влажность, что вызывает их неравномерное поднятие. Исследованию усадочных структурных и влажностных деформаций и напряжений в бетонах и растворах посвящены работы Диброва Г.Д., Гвоздева А.А., Берга О.Я., Ахвердова И.Н., Бабкова В.В. и др.

Авторским коллективом с участием академика АН УССР В.В. Понасюка, Е.А. Гузеева и др. разработан ГОСТ 29167-91 «Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении бетонов». Определение характеристик кратковременной трещиностойкости образцов бетонов по этому ГОСТу осуществляют при статическом нагружении при равновесных и неравновесных механических испытаниях. Для определения характеристик трещиностойкости испытывают образец с начальным надрезом, который наносят при помощи режущего инструмента или при формовании образцов путем закладывания фольги или металлической пластины.

При равновесных испытаниях записывают диаграмму: усилие F — перемещение (деформация) образца V . Полученные диаграммы состояния трансформируют в расчетные и производят дополнительные построения, на основе которых определяют по представленным зависимостям силовые и энергетические характеристики трещиностойкости материала.

По результатам неравновесных испытаний образцов на изгиб, на осевое растяжение, на внецентренное сжатие и на растяжение при раскалывании фиксируют значение F_c^x -нагрузку, соответствующую динамическому началу движения магистральной трещины и по соответствующим зависимостям 9—12 (ГОСТ 29167-91) определяют характеристику трещиностойкости K_c^x — условный критический коэффициент интенсивности напряжений.

Изложенная на основе теоретических положений линейной механики разрушения материалов в ГОСТ 29167-91 методика определения трещиностойкости бетонов позволяет получить детальную характеристику процессов разрушения бетона при определенных схемах нагружения, что, безусловно, представляет значительную научную ценность и расширяет представления о механизме разрушения бетонов. Однако определение трещиностойкости бетонов по изложенной методике весьма трудоемкое, необходимо оперировать с 42 показателями, которые получают по результатам испытания бетонных образцов и при их трансформации. Кроме того, в получаемой информации о трещиностойкости бетонов не учитываются процессы изменения структуры бетонов и их трещиностойкости в процессе эксплуатации, особенно в таких сложных условиях, в которых эксплуатируются дорожные бетоны. Вероятно, этим и обусловлено то, что требования ГОСТ 29167-91 являются рекомендательными.

Исследованию внутренних напряжений и деформаций усадки в процессе твердения и набухания, возникающих в цементном камне и бетоне, посвящено значительное количество работ Г.Д. Диброва и сотрудников [1]. Отмечая, что в цементном камне одним из самых важных факторов являются физико-химические межмолекулярные структурирующие связи и их изменение под влиянием среды, он результатами своих исследований подтвердил принцип, сформулированный академиком П.А. Ребиндером относительно влияния смачивающих жидкостей на прочность твердых тел. В частности, прочность и трещиностойкость цементного камня и бетонов во многих случаях определяется силами, возникающими в их структуре при высыхании, замораживании, осмотическими, от кристаллизационного давления при сульфатной коррозии цементного камня и др. Он подчеркивает, что величина внутренних усадочных напряжений в цементном камне зависит не от градиента влажности, а прежде всего от природы жидкой фазы и ее взаимодействия со структурой.

Развитие внутренних напряжений в цементном камне Дибров Г.Д. изучал с помощью контрактометра-релаксометра,

принцип устройства которого основан на измерении с помощью пружинного динамометра усилий в испытуемом образце. Как следует из работы [1], в начальный период замораживания преобладает термическое сжатие структуры. С понижением температуры до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в цементном камне с наибольшим содержанием воды (V/W)=0,5 происходит резкое падение напряжений из-за расширения воды при фазовом переходе ее в лед. Жидкая фаза начинает переходить в лед при температурах, близких к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в крупных порах и в сравнительно широких устьях микротрещин. При этом в процессе дальнейшего понижения температуры создаются условия для роста крупных микротрещин и дефектов под влиянием кристаллизационного давления льда. Автор считает [2], что вода граничных слоев (адсорбированная вода) не переходит в лед, а перемещается к тупиковым участкам развивающихся микротрещин, вызывая адсорбционное понижение прочности и образование микротрещин, с чем нельзя согласиться, Адсорбированная на поверхности или в микротрещинах минерального заполнителя вода связана адсорбционными силами и не имеет подвижности даже при положительных температурах. Замерзание пленок адсорбированной воды происходит при температурах ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ по мере появления возможности сближения ее молекул в процессе охлаждения ее подложки. Представленные в работе [1] графики показывают, что охлаждение до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ не приводит к растрескиванию образцов цементного камня, что обусловлено деформированием пружинного динамометра в схеме испытания, представленной в [1], что не моделирует напряженное состояние бетонного покрытия по схеме заземленного по концам образца.

В патенте США [5] предложено устройство для измерения термических напряжений в структуре бетона, включающее образец бетона, расположенный в форме, ограниченной захватами и боковыми пластинами, расположенными между захватами.

Недостатком известного устройства является получение относительных показателей напряжений в испытуемых образцах в связи с тем, что схема испытаний образцов бетона в устройстве не моделирует реальные условия нагружения бетонных покрытий, которые имеют место в практике, а именно при полном или частичном ограничении деформирования материала при структурной и/или температурной усадке.

С целью расширения функциональных возможностей устройства и обеспечения испытания материалов по схеме заземленного по концам образца при действии структурных внутренних

напряжений, температурных внутренних напряжений и старения — каждого в отдельности или при любом их сочетании разработано устройство [3], лишенное недостатков описанных в устройстве [5]. В нашей работе использовалось это устройство для исследований усадочных структурных напряжений в процессе твердения образцов в течение 28 суток при температуре 20 ± 2 °С температурных напряжений при последующем охлаждении их до температуры растрескивания.

Для исследований были приняты бетоны, содержащие щебеночные и песчаные фракции, полученные из дробленого гравия и галечника Добровольненского карьера. Гравийно-галечный материал представлен минералами известняка, кварцита и кварца, истинная плотность 2700 кг/м³, пористость 2,6 %, водопоглощение 0,54 %, содержание пылевидных, глинистых и илстых частиц 0,74 %, содержание зерен пластинчатых, лещадных и игловатых форм 7,02 %, марка по истираемости И-1, по дробимости 1000, по морозостойкости Мрз 50. В смесях использовали цемент производства ОАО «Новороссийский цементный завод» марки ЦЕМ 142,5 Н.

Прочностные и деформативные показатели цементных бетонов, как и других материалов, в значительной степени определяются их пористостью (плотностью).

В обстоятельных работах Полака А.Ф. и Бабкова В.В. показано [4], что повышение прочности бетонов особенно при растягивающих напряжениях, а также ударной прочности, морозостойкости, трещиностойкости достигается при условии создания монопорового пространства в системе, то есть размеры пор должны быть одинаковыми и как можно меньших диаметров.

Для изучения влияния таких добавок на трещиностойкость бетонов были взяты: комплексная полифункциональная добавка Д-5 (ТУ 5443-008-44628610-2011), суперпластификатор С-3 МУ (ТУ 2492-001-45285129-2000) и разработанная комплексная добавка ЖККА (СТО 32647016-001-2009). Составы и свойства мелкозернистых бетонов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

Составы мелкозернистых бетонных смесей

№ составов	Состав бетона, % масс.							
	цемент	песок	щебень	вода	В/Ц	Добавки в бетонную смесь		
						Д-5	С-ЗМУ	ЖККА *«*!»
1	21,46	20,39	48,75	9,40	0,43	—	—	—
2	21,44	20,43	48,68	9,30	0,43	0,65	—	—
3	21,42	20,45	48,65	9,28	0,43	—	0,25	—
4	21,41	20,42	48,64	9,28	0,43	—	—	0,25

Таблица 2.

Свойства мелкозернистых бетонных смесей и бетонов

№ составов	Осадка конуса, ОК, см	Прочность, МПа		Морозостойкость, циклы	Рсж / Ризг	Тр, °С	В/Ц	Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, %
		при сжатии Рсж	при растяжении при изгибе Ризг					
1	2	32,9	4,4	109	7,5	+2	0,43	1,8
2	3	40,2	5,5	214	7,3	+1	0,43	2,1
3	3	41,7	5,9	3 4 2	7,1	-4	0,43	3,8
4	3	40,0	6,2	461	6,4	-8	0,43	6,5

По полученным зависимостям внутренних напряжений, возникающих в бетонном образце в процессе твердения во времени и при последующем охлаждении, определяли температуру растрескивания бетона T_p (рис. 1). Как следует из рис. 1 и табл. 1 и 2, температура растрескивания бетонов в значительной степени понижается в зависимости от применяемой добавки. Введение полифункциональной добавки Д-3 позволяет несколько увеличить объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси и повысить морозостойкость. Введение пластифицирующей добавки С-ЗМУ и добавки ЖККА позволяет увеличить объем вовлеченного воздуха

в бетонных смесях, что проявляется в значительном увеличении морозостойкости и снижении температур растрескивания T_p бетонов. Особенно значительное понижение T_p (на $10\text{ }^\circ\text{C}$) наблюдается в бетоне при введении разработанной воздухововлекающей и пластифицирующей добавки ЖККА (табл. 2).

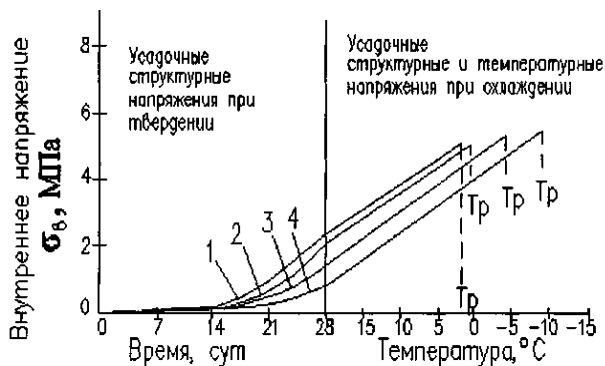


Рисунок 1. Развитие структурных усадочных напряжений в бетоне при твердении и температурных напряжений при охлаждении. Цифрами обозначен № составов по таблице 1

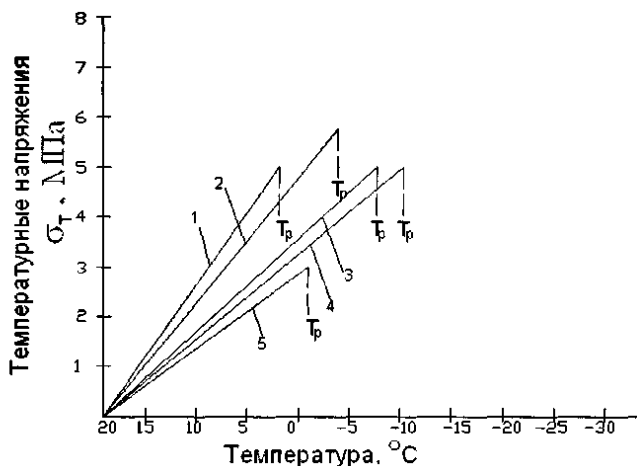


Рисунок 2. Температурные напряжения σ_t бетонных образцов в зависимости от температуры с различным водонасыщением: 1 — 0 %; 2 — 3,1 %; 3 — 4,9 %; 4 — 5,9 %; 5 — 8,1 %

На температурные напряжения и температуры растрескивания бетонов значительное влияние оказывает присутствие воды в испытуемых образцах. Как следует из рис. 2, по мере возрастания водонасыщения образцов (состав 1, табл. 1) температурные напряжения понижаются, а температуры растрескивания сначала понижаются до достижения водонасыщения порядка 6,0% затем начинают возрастать. Установленная закономерность может быть объяснена тем, что при замерзании вода, увеличиваясь в объеме, снижает коэффициент теплового расширения бетона, переходя в твердое состояние оказывает дополнительный омоноличивающий эффект и увеличивает прочность бетона. При достижении водопоглощения бетона значения, превышающего объем пор, замерзающая вода вследствие невозможности ее перемещения в свободные поры, оказывая давление на стенки пор, приводит к образованию микротрещин в бетоне, снижающем его прочность, и повышению температур растрескивания.

Повышение устойчивости к трещинообразованию от действия структурных усадочных и температурных деформаций может быть учтено при расчете длины плит цементобетонных покрытий и определении числа поперечных швов в покрытиях.

Список литературы:

1. Дибров Г.Д., Фоменко В.К. Природа возникновения внутренних напряжений в дисперсных структурах. // Тезисы докладов и сообщения Всесоюзного совещания «Гидратация и твердение вяжущих». Уфа. 1978. — С. 251—267.
2. Левицкий Е.Ф., Чернигов В.А. Бетонные покрытия автомобильных дорог. М: Транспорт, 1988. — 288 с.
3. Печеный Б.Г., Курбатов В.Л. Данильян Е.А., Потемкин В.Г. Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов в покрытиях дорог //Строительные материалы. — 2011. — № 10 — С. 48—49.
4. Полак А.Ф., Бабков В.В., Андреева Е.П.. Твердение минеральных вяжущих веществ. Уфа. Башкнигоиздат, 1990. — 215 с.
5. Jin Keun Kim, Sang Eun Jeon, Kook Han Kim. Apparatus for and method of measuring thermal stress of concrete structure. Patent US 2001/0049968 A1. //Pub. Date: Dec.13. 2001.

ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Литвинова Юлия Владимировна

*канд. техн. наук, доцент СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова,
РФ, г. Минеральные Воды
E-mail: yvlitvinova911@mail.ru*

PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR WORK BOILER PLANTS

Julia Litvinova

*candidate of Technical Sciences,
Associate Professor GFR BSTU VG Shukhov,
Russia, Mineral Waters*

АННОТАЦИЯ

Котельная установка представляет собой комплекс устройств, размещенных в специальных помещениях и служащих для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию пара или горячей воды. Основные элементы котельной установки — котел, топочное устройство, питательные и тягодутьевые устройства. Котел — теплообменное устройство, в котором тепло от горячих продуктов горения топлива передается воде. Топочное устройство служит для сжигания топлива и превращения его химической энергии в тепло нагретых газов. Питательные устройства (насосы, инжекторы) предназначены для подачи воды в котел.

ABSTRACT

Boiler system is a complex device, placed in specific areas and employees for converting chemical energy into thermal energy of steam or hot water. The main elements of the boiler system — boiler , firing , nutritious and balanced flues device. Boiler - heat exchange apparatus , wherein heat from the hot combustion products of fuel transferred to the water. Furnace apparatus used for burning fuel and its conversion of chemical energy to heat the hot gases. Feeding device (pumps , injectors) intended for supplying water to the boiler.

Ключевые слова: котел; топочное устройство.

Keywords: boiler' fire box.

Возведение и эксплуатация котельных установок требует, значительные капиталовложений. Решающим значением при этом является надежность и удобство. Весьма немаловажным фактором становится квалифицированная подготовка обслуживающего персонала, так как нарушение основных установленных практических правил эксплуатации котельных установок может привести к аварийным ситуациям. Распространенными причинами аварий котлов являются: механическое повреждение труб, нарушение технологии продувки, понижение уровня воды, недостатки водоподготовки, сверхнормативное форсирование, загрязнение котловой воды, несоблюдение регламента разогрева, понижение давления до вакуума хранение в неподходящих условиях, взрыв топлива [1].

Взрыв топлива — является одной из опаснейших ситуаций при эксплуатации котлов. Причиной большинства взрывов является недостаточная очистка топки или перенасыщение горючей смеси, возникающей, при накоплении в топке несгоревшего топлива. Также это может случиться из-за ряда других причин, в том числе из-за сбоя регуляторов, повреждения оборудования, колебаний давления топливоподачи.

Чаще всего взрывы в топке бывают при перебое в работе горелок. Например, при засорении топливной форсунки, из-за некачественного распыливания происходит нестабильность горения или отрыв пламени. Для возобновления горения выполняется последующее впрыскивание топлива, благодаря чему в топке повышается концентрация топливных паров. Накопление несгоревшего топлива происходит и в том случае, если горелка значительное время работает при некачественном распыливании. Повторное зажигание горелки после перебоя чаще всего воспламеняет взрывоопасную смесь. Таким образом, вспышка несгоревшего топлива становится причиной взрыва, чего можно избежать, неукоснительно соблюдая следующее правило: не впрыскивать топливо в загазованную, темную топку [2].

Качество воды, применяемое в котлах очень важно для продления срока их службы. Магниева или кальциевая жесткость воды обычно является причиной образования накипи. К образованию накипи приводит недостаточные меры по проведению водоподготовительных работ, с удалением ионов жесткости. Нарастание накипи приводит к повреждению труб из-за перегрева, в связи с тем, что отложившаяся накипь представляет собой слой теплоизоляции,

который ухудшает теплообмен. При длительном сохранении данной ситуации возможно местное прогорание труб.

Для предотвращения образования накипи необходимо отслеживать содержание солей жесткости в котловой воде в допустимых пределах [3]. При увеличении рабочей температуры и давления в котельной установке, требования к водоподготовке ужесточаются. С целью понижения магниевой и кальциевой жесткости для котлов низкого давления целесообразно использовать ионообменные установки.

При эксплуатации котлов с паротурбинными установками на режимах с высоким давлением и температурой, целесообразно проводить полную деминерализацию воды, с удалением всех возможных примесей. В случае не принятия данных мер, чаще всего, соединения кремния, оставшиеся в воде испаряясь, смешиваются с водяным паром и способствуют образованию осадка.

Котловая водоподготовка должна включать в себя обработку воды химическими реактивами. При использовании которых происходит связывание взвешенных частиц загрязняющих веществ, с их преобразованием в шлам, не образующий осадка на поверхности [3]. При промывке котлов шлам может быть с легкостью удален.

Известно, что при температуре свыше $427\text{ }^{\circ}\text{C}$ структура углеродистой стали теряется ее прочность. Поэтому при долгой работе котла с недостатком оптимального количества воды стальные трубы котла могут в буквальном смысле расплавиться так как, температура топки в этом случае может достигнуть $982\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. Охлаждение котла водой в его трубах является тем фактором, который предотвращает и предупреждает аварию.

Использование в котле датчиков уровня воды прямого или поплавкового типа действия способствуют отключению котла при снижении уровня воды и уменьшению вероятности возникновения аварийной ситуации.

Ключевым звеном в данной системе отключения котла является байпас пускового устройства, который позволяет обслуживающему персоналу выполнять продувку засорившиеся секции, очищать их от шлама и накипи.

Значимой проблемой загрязнение воды котельных установок, является вопрос образования смеси подпитки и обратного конденсата, в состав которого входят кислород, соединения металлов и химикатов, масла и смолы.

Как известно, кислород, растворенный в воде, является неизменной угрозой целостности труб. Вызванная им язвенная

коррозия способствует возникновению сквозной ржавчины, что приводит сбою в работе систем котла. Для удаления кислорода из подпиточной воды в трубах котельной установки используется нагреватель-деаэратор. В котлах, с рабочим давлением до 7000 кПа в резервуар деаэратора обычно добавляют поглотитель кислорода — сульфит натрия, способствующий удалению свободного кислорода. Из-за возможных катастрофических последствий кислородной коррозии необходимо регулярно проверять работу деаэраторов и поглотителей кислорода и контролировать качество воды.

Своевременно обнаруженное загрязнение возвратного конденсата — это еще одна причина загрязнения котловой воды. Состав загрязнений может быть различным: от таких металлов, как медь и железо, до масел и производственных химикатов [4]. Металлы, попадающие в воду, — это конструктивные материалы оборудования и конденсатопроводов, а масла и производственные химикаты попадают из-за дефектов производственного оборудования или коррозионных утечек в теплообменниках, насосах, сальниковых уплотнениях.

Наибольший риск загрязнения воды связан с возможностью аварий технологического оборудования, из-за которых в котловую воду могут попасть в большом количестве опасные химикаты. Поэтому бережная эксплуатация котельной установки должна предусматривать постоянный мониторинг качества возвратного конденсата.

Попадание в воду ионообменных смол способно вызывать серьезное загрязнение котла. Это случается при повреждении внутренних трубопроводов или вспомогательной обвязки ионообменной установки [1]. Очень дешевый и эффективный способ предотвращения этих явлений — установка смолоуловителей на всех коммуникациях ионообменной установки. Смолоуловители не только защищают котел, но и предотвращают в случае аварии потери ценного материала — ионообменных смол.

Загрязнение котловой воды может протекать как постепенное ухудшение или как мгновенная авария. Постоянное и качественное обслуживание позволит существенно снизить возможность неприятностей того и другого типа. Постоянный мониторинг качества котловой и подпиточной воды позволяет не только накапливать статистические данные, но и своевременно предупреждать об опасном уровне загрязнений.

Концентрация взвешенных твердых примесей в котловой воде уменьшается при постоянной продувке системы и периодической

промывке поддонов. Максимально допустимые концентрации примесей приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1.

**Максимально допустимые концентрации примесей
в котловой воде**

Рабочее давление барабана, кПа	Концентрация растворимых примесей, част./млн.	Содержание Окиси Кремния SiO ₂ част./млн.	Щелочность, Част./млн	Содержание Взвешенных примесей, Част./млн.
0—2100	3500	150	700	15
2107—3150	3000	90	600	10
3157—4200	2500	40	500	8
4207—5250	1000	30	200	3
5257—6300	750	20	150	2
6307—7000	625	8	125	1

Превышение концентрации или иные загрязнения котловой воды создают такие проблемы, как нестабильность уровня воды в барабане или вспенивание. Эти явления могут стать причиной ложного срабатывания аварийной сигнализации уровня воды, уноса капельной влаги паром, загрязнения пароперегревателей.

Правильно спроектированная система продувки осуществляет мониторинг состояния котловой воды и поддерживает такую интенсивность продувки, которая обеспечивает допустимую концентрацию примесей. Периодическая промывка поддонов и грязевиков необходима для предотвращения накопления шлама, однако продолжительная продувка секций, образующих экраны топки, может привести к их повреждению из-за перегрева, вызванного изменением естественной циркуляции воды. Вместо этого рекомендуется открывать вентили продувки этих секций всякий раз при отключении котла, до того как давление в системе упадет до атмосферного.

Невыполнение правил разогрева относится к числу сильнейших испытаний, которым подвергается паровой котел [5]. Во время пуска и остановки все оборудование испытывает серьезные нагрузки,

поэтому здесь требуется более строгое соблюдение правил эксплуатации, чем при постоянной работе в расчетном режиме.

Корректный регламент и поэтапное прохождение пусковых операций способствуют продлению срока службы оборудования и уменьшают вероятность аварии [5].

В конструкции типового котла применяются разнообразные материалы, имеющие разную скорость прогрева и охлаждения: сталь различной толщины, большая для барабана, более тонкая — для труб, теплоизоляционные и огнеупорные материалы, чугунные массивные элементы. В связи с этим обнаруживаются эксплуатационные проблемы, решение которых еще более осложнено тем, что материал элементов котла подвергается в одно и то же время воздействию различных температур. Так, паровой барабан нижней своей частью контактирует с водой, а в верхней сначала с воздухом, а затем с образующимся паром. Вследствие чего, при холодном старте вода быстро нагревается, и нижняя часть барабана подвергается тепловому расширению раньше, чем верхняя часть. Соответственно происходит деформация барабана [4].

Перегрев котла также вызывает увеличение перепада давлений и изменение режима циркуляции. Под воздействием этих двух факторов существенно повышается температура стенок труб и перегородок [1].

Обмуровка котла, имеет низкую теплопроводность, и чаще всего повреждается при холодном старте. Также происходит поглощение влаги из воздуха материалом обмуровки, пока топка не прогрета. Следовательно, необходим медленный прогрев, способствующий постепенной просушки обмуровки и не возможности вскипание влаги, вызывающее растрескивание кирпичей.

Конструктивно котел практически состоит из различных структурных взаимосвязанных редко повторяемых элементов. В частности это относится к трубам, составляющим экраны топки и секции конвективного нагрева. При этом повреждение, какого либо незначительного элемента может привести к аварийной остановке котельного агрегата. Трубы промышленных котлов могут иметь толщину стенки 2—3 мм, вследствие чего становится ясно, как легко может произойти авария.

Решения вопроса данной ситуации возможно, при начальном этапе проектирования котлов, путем увеличение стенок труб, что является, экономически не целесообразным, однако, способствует увеличению запаса по надежности вследствие возможных механических повреждений.

При конструировании котлов соответствующие резервы по надежности должны иметь всё вспомогательное оборудование отнесение к определенной гарантированной нагрузке основных устройств. Эти резервы способствуют увеличению производительности и статического давления насосов и вентиляторов, расширению возможности по использованию систем телеметрии и автоматики и т. п.

Проектирование вспомогательных систем «с запасом» позволит эксплуатировать котел при пиковых нагрузках более 110 % MCR, хотя многие производители рекомендуют эксплуатацию котлов при продолжительной нагрузке MCR длительностью от 2 до 4 часов.

При отсутствии ограничений со стороны вспомогательного оборудования интенсификация производства позволит форсировать котлы в течение длительного времени.

При кажущемся благополучии все равно остаётся не решенный вопрос, связанный с физическими ограничениями в конструкции котла (размера топки и паропроводов), из-за которых могут внезапно возникнуть серьезные проблемы теплоотдачи, падением давления пара, приводящие к снижению рабочей мощности котла. Значительный перегрев котла способствует возникновению дополнительных не столь очевидных проблем:

- эрозии и разрушение труб, золоочистителей, экранов, газоходов;
- разрушением обмуровки, газоходов;
- коррозии стенок труб и топки пароперегревателей;
- повреждение пароперегревателей в следствии уноса пара капельной влаги и твердых взвешенных частиц, лопаток турбин и другого технологического оборудования [3].

Возникновение проблем, связанных с перегревом котла, существенно зависит от типа используемого топлива. Проблемы эрозии обычно ассоциируются с твердым топливом: уголь, дрова, торф, горючие отходы производства и т. п., при сгорании которых образуется зола и шлаки.

Независимо от вида применяемого топлива форсирование котла приводит к увеличению объема и скорости дымовых газов с увеличением давления набегающего потока газов, что оказывает влияние на процесс образования эрозии. Возникающие вихревые эффекты в хвостовых газоходах котла, может также привести к локальной эрозии.

При высокой температуре, и возникновения контакта частиц жидкого или твердого топлива с поверхностью труб возникает

коррозия металла. Причиной местной коррозии при форсаже топки может служить распространение пламени на поверхность экранов.

Коррозия также может начаться в результате небрежного хранения котла. При этом возникает коррозия поверхностей, как со стороны воды, так и со стороны газов.

Коррозия на газовой стороне случается, в случае использования сернистого топлива, и неполного удаления с поверхностей топки (наиболее уязвимы зазоры между трубами и перегородкой на входе в барабан, зазоры между трубами и обмуровкой) золы во время обдувки. Процесс коррозии происходит в результате образования влаги на зольной поверхности обмуровки.

Один из способов избежать коррозии на газовой стороне является «тепловое хранение», который позволяет поддерживать температуры поверхностей труб выше точки росы кислотных растворов. Данный метод можно подразумевает использование шламового барабана в качестве обогревателя, продувка теплоносителем от работающего котла. Возможно применить метод «сухого хранения», который применяется для малых котлов. При его использовании входные отверстия котла уплотняются абсорбентом-осушителем, и затем в котел вдувается азот.

Серьёзным аспектом, который не затрагивается при проектировании котлов, является вопрос возможности возникновения вакуума в системе при остановке котла вследствие его охлаждения, конденсации пара и понижается уровень воды, что приводит к снижению давления, возможно, ниже атмосферного [1]. Возникновение вакуума может привести к утечкам через развальцованные концы труб, так как они рассчитаны на уплотнение избыточным давлением. Избежать этой проблемы можно только путем открывания вентиляционного отверстия в паровом барабане в то время, когда там еще имеется избыточное давление.

Приведу несколько практических рекомендаций, позволяющие избежать проблем при эксплуатации котлов:

- наблюдайте за горением пламени, чтобы своевременно заметить неполадки;
- определить причины погасания горелки;
- очищайте топку перед зажиганием горелок, при необходимости выполняйте обдувку топки;
- проверять работу оборудования водоподготовки, важно знать соответствует ли температура и давление соответствующим нормам;
- не используйте необработанную воду.

- выполняйте регулярную промывку тупиковых участков водяного контура, водоохладителей и т. п.;
- никогда не останавливать циркуляцию воды;
- контролируйте наличие свободного кислорода в воде на выходе из деаэраторов, рабочее давление деаэраторов, температуру воды в баке-аккумуляторе.
- выполняете продувку деаэратора для удаления неконденсируемых газов;
- следите за качеством возвратного конденсата;
- выполняйте периодическую промывку барабана-грязевика
- во время работы котла не выполняйте работ по продутию поверхности топки;
- внимательно проверяйте поверхности котла со стороны воды, в случае выявления признаков отложения накипи, целесообразно отрегулировать водоподготовку;
- регулярно проверяйте внутренние поверхности деаэратора на предмет коррозии;
- не допускайте возможностей механического повреждения тонкостенных труб, следите за ними;
- регулярно проводите оценку потенциального воздействия при перегрузки котлов, так как не редки ситуации использования котлов в режиме форсажа котлов;
- доводите до сведения руководства все возможные недочёты возникшие при эксплуатации котлов;
- поддерживаете котел после его отключения в теплом состоянии;
- при охлаждении котла для предотвращения попадания воздуха и кислорода внутрь заполняйте его азотом;
- во время хранения, используйте сульфат натрия для поглощения кислорода из котловой воды;
- при сохранении котла в сухом состоянии целесообразно поместить в барабаны абсорбент влаги;
- обеспечить открывание вентиляционного отверстия в паровом барабане при падении давления ниже 136 кПа [1].

При эксплуатации котлов следует обратить внимание на еще один серьезный и значимый вопрос — вопрос энергосбережения который является приоритетным для предприятий и организаций различных форм собственности, объектов ЖКХ.

Энергосбережение возможно достигнуть только путем энергоэффективного снижения потребления традиционных энергоносителей

и увеличения использования возобновляемых источников энергетических ресурсов. Так, уже сегодня на многих российских предприятиях в качестве топлива для получения дешевой тепловой энергии используют древесные отходы; переводят котельные на автономное теплоснабжение с использованием современного автоматизированного оборудования. Возможность перевода котельные на древесные гранулы, жидкое биотопливо, брикеты и другие экологически нейтральные к CO_2 источники энергии позволят существенно улучшить экономический климат предприятия. Целью внедрения подобных проектов, является не только решение проблем экономии ресурсов, а так же проблем экономического и экологического характера.

Список литературы:

1. Байкалова Т.Е., Саулова Т.А. Особенности безопасной эксплуатации котлов тепловых станций./ Т.Е. Байкалова, Т.А. Саулова // Лесной и химический комплексы — проблемы и решения. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Том 2. Красноярск: СибГТУ, 2010. — С. 210—215.
2. Котельные агрегаты. М.А. Стырикович К.Я. Катковская, Е.П. Серов. Москва, «Государственное энергетическое издательство», 1959 г. — 487 с.
3. Котельные установки. Н.А. Киселёв. 2-издание, переработанное и дополненное. М., издательство «Высшая школа», 1979 г. — 270 с.
4. Теплоснабжение. А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. Под редакцией А.А. Ионина. М., издательство «Стройиздат», 1982 г. — 336 с.
5. Топливо, топки и котельные установки. М.М. Щеголев. М., «Государственное издательство литературы по архитектуре и строительству», 1953 г. — 544 с.

ПРИРОДА КАК ОСНОВА АРХИТЕКТУРЫ

Фоменко Наталья Александровна

*архитектор в ТОО “USB-Group”, магистрант казахского
агротехнического университета им. С. Сейфуллина,
Республика Казахстан г. Астана
E-mail: s_scotch@mail.ru*

NATURE AS A BASE OF ARCHITECTURE

Fomenko Natalya Alexandrovna

*architect in “USB-Group” LLP, master student
of S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Astana*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены методы взаимодействия природных образов и архитектуры. Отображены основные идеи формирования природных стилей на протяжении многих лет. Обозначены влияющие факторы на формирование архитектуры. Рассмотрены работы влияния методов работы природы на архитектуру. Представлен вариант сохранения природного облика.

ABSTRACT

The methods of nature image and architecture interaction are view in a matter. Basis ideas of nature style formation over extended time are image. The influence factors on the architecture formation are denote. Works of influence nature system methods on architecture are view. Variant of save nature image is present.

Ключевые слова: природа; человек; архитектурная форма; экология проектирования; гармония; адаптивность архитектуры; ландшафт.

Keywords: nature; man; architecture form; ecology of projecting; harmony; adaptability of architecture; landscape.

Связь человека и природы неразрывна, как бы человек не стремился к прогрессу он все равно возвращается к природным истокам. Природа это начало из которого на протяжении веков люди черпают вдохновение, создавая все новые архитектурные стили.

Несомненно в них отображаются как достижения научно-технического прогресса так и духовные убеждения. Новые взгляды, новые изобретения позволяют человеку создавать жизнь вокруг себя. Особенности природы места, климатические условия, культурно-исторические особенности народа диктуют формы образования архитектуры рекреационных зон. Влияние природного облика на эстетическое воспитание, формирование живых ценностей. Возможность сохранить сегодня природу для будущих поколений является одной из важнейших задач.

Природа — проявление мира в многообразии форм. Уникальный организм с гармонично развитой системой взаимодействия всех ее элементов, одним из которых является человек. Общественное существо, обладающее сознанием, разумом; субъект общественно-исторической деятельности и культуры. Испокон веков строящий культуру на общении с духовными силами. Окруженный продуктами научно-технического прогресса человек не перестает черпать вдохновение у природы и все чаще стремится к духовному отдыху. Что не всегда может позволить архитектура рекреационных зон. Основным критерием в проектировании является экономический фактор, что несомненно важно но только грамотное сочетание архитектуры и ландшафта создают благоприятную рекреационную среду.

Изначально термин архитектура означал искусство строить здания, в наше время архитектура является отображением возможности человечества и достижения в области технологий. В последнее время самыми распространенными материалами являются бетон стекло и метал. Разрабатываются новые конструкции зданий. Все чаще фасады зданий украшают металлическими конструктивными элементами, используются грубые формы в архитектуре не только деловых и общественных центров города но и в архитектуре рекреационных зон. Заполнение природного пространства архитектурой с ярко выраженными конструктивными элементами ведет к разрушению образа природы как единого организма. Господствование человека становится причиной истребления природных памятников. Архитектура рекреационных зон должна служить не столько организацией жилых процессов, сколько быть проводником от мира человечества к миру природы, источникам энергии жизни. Для удовлетворения потребности психологического и энергетического отдыха важно доминирование природы. Важно быть в гостях у природы, а не являться ее хозяином. Занимая доминирующую позицию, природа приглашает, знакомится, общается, делится энергией, чувством жизни, в случае, когда доминирует человек,

природа замирает, закрывается, отворачивается от человека, она как будто перестает дышать, в надежде что человек ее не заметит и пройдет мимо. Она ждет, когда наступит тот самый момент, когда человек покинет ее навсегда чтобы вздохнуть спокойно. В то время когда человек может поддерживать величество природы, быть частью экосистемы. Открыть новое дыхание в формировании архитектурных стилей зон отдыха.

Формирование архитектуры скрытой в природной среде, сохраняет первозданный облик природных памятников. В процессе формирования очень важно учитывать интересы окружающей среды, для получения благоприятного результата взаимодействия среды и человека. Большую роль играет месторасположение рекреационной зоны, климат и экология местности. Следуя принципам экологии, от месторасположения зависит визуальное решение архитектурной и пространственной среды. Климат влияет на выбор используемых конструкций и материалов. Немало важен культурно-исторический фактор. Наличие природных памятников требует проявления большего внимания к ним, для сохранения их облика. Являясь природным сокровищем своего государства, они представляют большую ценность в своей уникальности. Учитывая исторические и культурные элементы в формировании архитектурной среды, сохраняются культурные ценности народа. С приходом цивилизации происходит упадок культуры — плата за прогресс, но оглянувшись назад в любой культуре можно заметить, что предки находились в тесном взаимодействии с природой, что формирование не только архитектуры, но и всего образа жизни исходило из природных процессов.

Связь человека и природы можно наблюдать во многих проявлениях человеческой деятельности. Стремление человека окружить себя живым движет созданием садово-парковых территорий, приручению животных и выращиванию маленьких садов на подоконниках. Отображение образов природы прослеживается и в формировании архитектурных стилей со времен XX века. Живые линии плавность и текучесть форм стали основными принципами стиля модерн, изображение цветочных узоров на паркете использование растительных форм в ковке. Стиль, где декор на стене плавно перетекает на потолок, явно показывая присутствие жизни внутри каждого элемента, застывшего только на миг. Архитектура экспрессионизма отображает природные формы в своих произведениях, чаще всего вызывая в памяти природные ландшафты: горы, скалы, пещеры, сталактиты. Появление направления органической архитектуры вызвано желанием, путем объединения архитектуры и ландшафта — формирования гармоничного пространства,

где элементы не занимают доминирующих позиций, а наоборот тесно взаимодействуют, дополняя друг друга. Стиль, где архитектура, сохраняя конструктивность образа, является продолжением природной среды, подобно эволюционной форме естественных организмов. Заимствование форм живой природы наблюдается в новом стиле биотек. Отличием является использование современных материалов, сочетание стекла и металлических конструктивных элементов. Но зачастую архитектура как конструктивный элемент несет функцию организации пространства для удовлетворения человеческих потребностей. Совсем другого рода функциональность архитектуры отображается в работах Майкла Полина [2]. Применение методов работы природы, приводит к самым неожиданным результатам. Позволяет экономить энергию, ресурсы, создавать безотходное производство. Природой изначально задуман круговорот веществ в природе, что подразумевает гармоничное развитие всех ее элементов, но не всегда человек принимает это во внимание. Добывая ресурс, человек просто его растрачивает, извлекая самую малость прибыли и избавляясь от остатка. Так же происходит и с природой, зачастую при развитии зон отдыха, бесследно истребляется большая часть природного ресурса, потому как главной целью является, денежная прибыль. Оставшуюся природу убивает загрязнение. Человек считая себя владельцем земли и всего произрастающего на ней, не смотря на то, что знает, как сильно он от нее зависит. В настоящее время известны не многие проекты «природной архитектуры». Еще в древние времена в Индии и Японии использовали живые мосты, они создавались путем переплетения каучуковых деревьев, конструкция укреплялась за счет естественного роста. Известны случаи выращивания домов, используя метод арбоархитектуры. Направления зародившегося из направления арбоскульптуры, созданным Акселем Эрладсеном, смыслом которого являлось создание различных форм из растущих деревьев. Но это занимает большое количество времени.

Большое распространение в скандинавских странах имеют травяные крыши. Норвежскими учеными было доказано, что такой вид кровли обладает отличной тепло- и звукоизоляцией, что является не только экологичным но и экономично выгодным. В германии уже стало популярным украшение крыш композициями из цветов, что дарит не только гармонию с природой, но и особую индивидуальность зданию.

Большую часть жизни человек проводит в бетонных джунглях, которые создает сам, поэтому рекреационная архитектура требует особого подхода и внимания. Особую роль в экологической

пропаганде и просвещении необходимо уделять пропаганде здорового образа жизни в гармонии с природой, развитию экологического туризма [1].

Идея существования человека в гармонии с природой отображается во многих религиозных направлениях. Язычество подразумевает полную связь человека с природой. Все живое имеет душу. Боги стоят за всеми явлениями природы. Общение с природой подразумевает, получение знания. Обретение мудрости — разумное и бережное отношение к своей живой планете, возвращая себя в равновесие с природным миром. Буддизм показывает соотношение процессов мира духовности, с процессами взаимодействий природы. Взаимодействие энергий рассматривается как физическое взаимодействие. Природа является эталоном, открытой книгой познания которому следует учиться. Даосизм, как и буддизм, предлагает сосредоточиться на настоящем моменте, поскольку в жизни нет ничего более постоянного, чем перемены. Мир таков, каков он есть, и если существует совершенство, оно вокруг нас, но не в нашем воображении. Исходя из этой посылки, любая попытка изменить мир является посягательством на его совершенство, обнаружить которое можно лишь в состоянии покоя. Возврат к совершенству — это движение от неестественного к естественному.

Архитектура является одним из важных элементов жизни человека, и с давних времен несет функцию защиты. Гармоничная организация пространства и внешнего облика является важным фактором для создания экологически благоприятной рекреационной среды. Формирование архитектуры как единого организма созданного человеком в гармонии с природой. Гармония — равновесие противоположных сил, равное сочетание взаимодействия, главный принцип природы. Равноценность сил основа гармоничного бытия. Позволение проникновения одного в другое и наоборот четко отображает символ инь-янь. Поиск архитектуры в природе и воплощение природы в архитектуре, является наивысшей степенью гармоничного взаимодействия.

Список литературы:

1. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004—2015 годы, Указ Президента Республики Казахстан от 3 декабря 2003 года № 1241. — 19 с.
2. Полин М. Используя гений природы в архитектуре. 2010. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.ted.com/talks/lang/ru/michael_pawlyn_using_nature_s_genius_in_architecture.html (дата обращения: 11.03.2013).

СЕКЦИЯ 8.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Бойко Анатолий Иванович

*д-р техн. наук, заведующий кафедры надёжности техники,
профессор Национального университета
биоресурсов природопользования Украины,
Украина, г. Киев*

Новицкий Андрей Валентинович

*канд. техн. наук, доцент кафедры надёжности техники,
доцент Национального университета
биоресурсов природопользования Украины,
Украина, г. Киев
E-mail: NovitskiyAV@ukr.net*

Банний Александр Александрович

*ассистент кафедры надёжности техники,
ассистент Национального университета
биоресурсов природопользования Украины,
Украина, г. Киев*

Кондратюк Андрей Васильевич

*студент магистратуры факультета инженерии агробиосистем,
Национального университета биоресурсов
природопользования Украины,
Украина, г. Киев*

LOGICAL-PROBABILISTIC RELIABILITY EVALUATION MODEL OF AGRICULTURAL MACHINERY

Anatoliy Boyko

*doctor of Science, professor of the reliability of equipment department
in National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kiev*

Andriy Novitskiy

*candidate of Science, assistant professor of the reliability
of equipment department in National University of Life
and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kiev*

Aleksandr Bannyi

*assistant of the reliability of equipment department
in National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kiev*

Andriy Kondratyuk

*students of the faculty «Agrobiosystems engineering»
in National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kiev*

АННОТАЦИЯ

Целью статьи есть формирования логико-вероятностных моделей сложных структурных систем надёжности механизмов, как составляющих системы «человек-машина-среда». В статье представлена методика формирования логико-вероятностных моделей надёжности сложных структурных систем. Предложены критерии минимизации кратчайших путей и минимальных сечений для повышения надёжности средств для приготовления и раздачи корма. Перспективными могут быть исследования, которые направлены на формирование мероприятий повышения надёжности составляющих системы «человек-машина-среда».

ABSTRACT

The purpose of the article there is the formation of logical and probabilistic models of complex structural systems reliability mechanisms such as the components of the system "human-machine-environment ."

The article presents a method of forming logical and probabilistic models of reliability of complex structural systems. The criteria to minimize the shortest paths and minimum sections to improve the reliability of funds for preparation and distribution of food. May be promising research aimed at developing measures to improve reliability components of the system "human-machine-environment".

Ключевые слова: Надёжность; машина; система «человек-машина-среда»; логико-вероятностные методы; средства для приготовления и раздачи корма.

Keywords: Reliability; machinery; system "human-machine-environment"; logically-probabilistic methods; facilities for preparation and distribution of forage.

Постановка проблемы. Резервы эффективного использования машин в сельском хозяйстве могут быть выявлены в результате системных исследований технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, в которых, участвуют системы «человек-машина-среда» («ЧМС»). Такие технологические системы «ЧМС» с позиций надёжности может быть качественно и количественно описаны методами логико-вероятностного моделирования. Сложность таких систем определяется большим количеством элементов, сложностью функциональных и логических связей между элементами и подсистемами, многорежимностью работы, вероятностью восстановления или невозможности восстановления элементов в зависимости от вида повреждений. Кроме этого, самую большую сложность представляет взаимосвязь составляющих: «человек», «машина», «среда».

Анализ последних исследований и публикаций. Особенность использования логико-вероятностных методов исследования надёжности машин и их приложения изложены во многих научных работах [2, 3]. Использование различных методов оценки надёжности сельскохозяйственной техники исследованы профессором Бойком А.И. и его учениками [1, 4, 5, 7]. Особенное внимание в них занимают вопросы системного анализа и способов резервирования зерноуборочной и посевной техники. Среди изданных научных трудов особый интерес представляют исследования эргативных систем, в том числе систем сельскохозяйственного назначения [6, 8], в которых представлено формирование мероприятий для предотвращения и устранения аварий и несчастных случаев. Логико-вероятностные модели могут быть использованы для определения риска влияния основных составляющих на надёжность систем «ЧМС», которыми являются средства для приготовления и раздачи корма (СПРК). В последние годы рассматривались отдельные

вопросы анализа и оценки надёжности указанных машин [5, 6], но в большинстве научных исследований авторы представляли аналитический обзор конструкций или конструктивно-функциональные схемы средств для приготовления и раздачи корма [9, 10].

Постановка задачи. Исходя из выше изложенного, целью формирования логико-вероятностных моделей сложных структурных систем есть определение надёжности механизмов СПРК, как составляющих системы «ЧМС».

Представление основного материала. Для понимания и ясности представленного материала, рассмотрим механизм загрузки корма, как структурно-сложную подсистему системы «человек-машина-среда», средства для приготовления и раздачи корма (системы «ЧМС» СПРК). Модель формирования отказов начинается из установления последовательности опасных ситуаций (ПОС) — отказов системы. В логико-вероятностной теории аналитическое описание опасного состояния осуществляется с применением логических функций отказов систем (ФОС). Аргументами ФОС являются исходные условия (ИУ), в качестве которых выступают отказы машин и ошибки операторов, и исходные события (ИС), в качестве которых выступает негативное влияние окружающей среды. После складывания и апробации последовательности опасных ситуаций, можно перейти к складыванию ФОС — кратчайших путей возникновения отказов системы.

Необходимо воспользоваться предыдущими исследованиями [5], в которых СПРК «DeLaval» структурно, с позиций обеспечения надёжности было представлено как блок-схема, включающая механизм загрузки, механизм измельчения-смешивания, раму с ходовой частью и выгрузной механизм. Опыт эксплуатации таких средств показывает, что надёжность механизма загрузки лимитируют ножи фрезы и детали привода. Но особенностью износа и аварийных отказов ножей есть то, что они приводят к возникновению дисбаланса барабана и нуждаются в проведении трудоёмкого технологического процесса (балансирования барабана). Отказы деталей привода вала барабана чаще всего могут возникать в результате отказа подшипников вала, приводных цепей и установочных втулок. Кроме этого, отказы механизма загрузки могут быть вызваны отклонением технических условий на присоединение механизма к бункеру. Многолетняя практика использования СПРК “DeLaval” подтверждает, что комплексной причиной возникновения отказов механизма загрузки является несвоевременность контроля за состоянием деталей и регулировки представленных выше параметров. СПРК управляется и обслуживается человеком-оператором, поэтому оператор рассматривается, как важная составляющая, от которой зависит надёжность механизма загрузки.

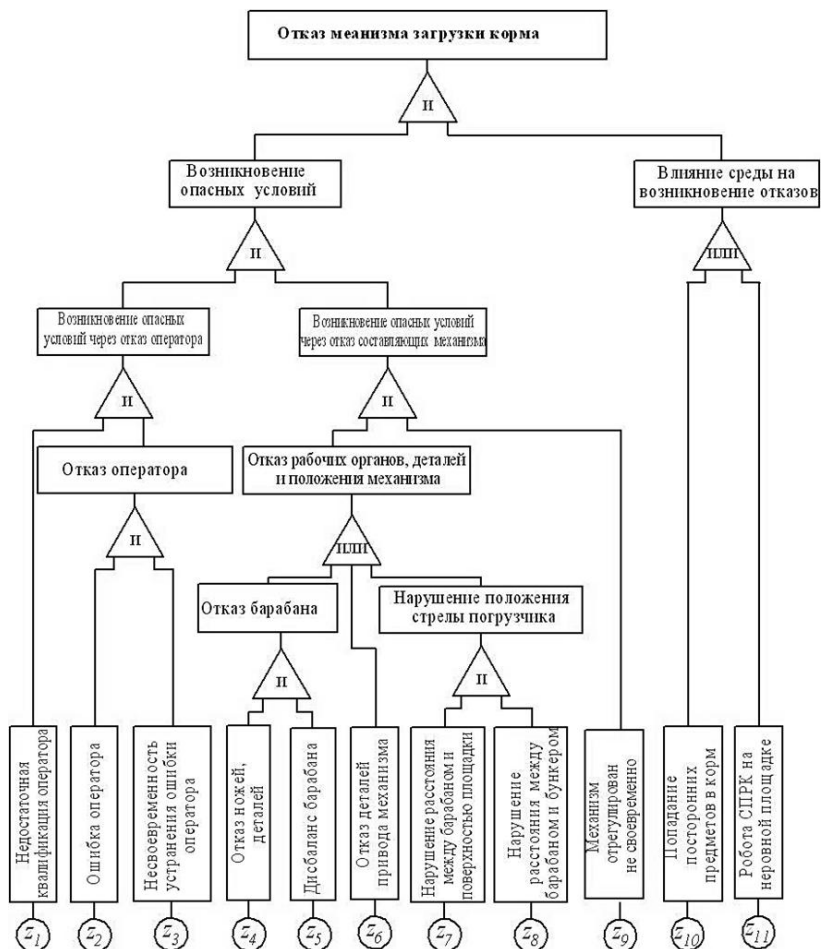


Рисунок 1. Модель формирования отказа механизма загрузки системы «ЧМС» СПРК

Анализ функций (2) показывает, что риск возникновения отказа механизма загрузки связан с реализацией одного из 16 рассмотренных способов формирования отказа. Инвертируя матрицу (2), получим логические функции безопасности системы (ФБС) в виде дизъюнкции 7 минимальных сечений предупреждения отказов:

$$(Z_1, \dots, Z_{11}) = \begin{pmatrix} Z'_9 \\ Z'_1 Z'_2 \\ Z'_1 Z'_3 \\ Z'_4 Z'_6 \\ Z'_5 Z'_6 \\ Z'_7 Z'_8 \\ Z'_{10} Z'_{11} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Анализируя ФОС — кратчайшие пути возникновения (2) и ФБС — минимальные сечения предупреждения отказов (3), приходим к выводу, что для предотвращения отказов механизма загрузки достаточно своевременно проводить контроль и регулировку состояния рабочих органов, деталей и непосредственно самого механизма, то есть (Z_9). Генерация последовательностей, которые представлены в матрицах (2) и (3) открывает возможность исследования, анализа и синтеза причин отказов, и соответственно, необходимость постановки задач об усилении требований к отдельным составляющим системы «ЧМС» СПРК, которые обеспечат необходимый уровень ее надёжности.

Выводы. Проведенный логико-имитационный анализ исходных условий и событий дает возможность выявить взаимосвязь составляющих системы «ЧМС» и их влияние на надежность механизма загрузки СПРК. Используя функции кратчайших путей и минимальных сечений формирования отказов средств, можно разрабатывать соответствующие мероприятия для обеспечения их работоспособности, как сложных систем. Перспективными в этом направлении могут быть исследования, которые направлены на более детальное описание других механизмов машин сельскохозяйственного назначения.

Список литературы:

1. Бойко А.И. Математическая формализация описания состояний и переходов пассивно резервируемых технических систем / А.И. Бойко, А.В. Бондаренко, В.Н. Савченко // Вестник ХНТУСХ им. П. Василенка. Выпуск № 133. Харьков, ХНТУСХ, 2013. — С. 216—220.
2. Острейковский В.А. Теория надёжности: Учеб. Для вузов / В.А. Острейковский. М.: Высш. шк., 2003. — 463 с.
3. Рябинин А.И. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ А.И. Рябинин Санкт-Петербург: Политехника, 2000. — 248 с.

4. Anatoliy Boyko. Теоретические исследования надёжности кукурузо-уборочной техники при использовании резервирования / Anatoliy Boyko, Oleksandr Bondarenko, Kostyantyn Dumenko // *Motoryzacia i energetyka rolnictwa*. Lublin, — 2011. — Vol. 13A. — С. 131—138.
5. Andriy Novitskiy. Анализ надёжности средств для приготовления и раздачи кормов методом дерева отказов / Andriy Novitskiy, Oleksandr Bannyi // *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture*. Lublin, — 2011. — Vol. 13B. — С. 117—123.
6. Бойко А.І. Вплив оператора на надійність систем «людина-машина-середовище» (на прикладі засобів для приготування і роздавання кормів) / А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружи́ло, А.З. Ружи́ло // *Вісник ХНТУСГ*. Харків, ХНТУСГ, — 2011. — Вип. 114. — С. 103—108.
7. Бойко А.І. Стохастичне моделювання роботи пневмомеханічного висівного апарату/ А.І. Бойко, О.О. Банний // *Збірник наукових праць НУБіПУ*. К.: НУБіПУ, — 2011. — Вип. 166. — ч. 1. — С. 112—118.
8. Лехман С.Д. Методологія дослідження небезпечних процесів при функціонуванні ергативних систем аграрного виробництва / С.Д. Лехман, М.В. Панфілова // *Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць НУБіПУ*. К.: НУБіПУ, — 2011. — Вип. 166, — ч. 1. — С. 294—301.
9. Погорілий Л., Ясенєцький В., Лінник М. Сучасна техніка для приготування кормів на фермах ВРХ // Л. Погорілий, В. Ясенєцький, М. Лінник // *Техніка АПК*. — 1999. — № 4. — С. 31—33.
10. Ревенко І.І. Шляхи удосконалення агрегатів для приготування і роздавання кормів рогатій худобі / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, Д.Ю. Белік // *Вісник ХНТУСГ*. Харків, ХНТУСГ, — 2010. — Випуск 95. — С. 250—258.

СЕКЦИЯ 9.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

КОМПЕНСАЦИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫХ ДАТЧИКОВ

Тихоненков Владимир Андреевич

*канд. техн. наук, профессор кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» Ульяновского государственного технического университета,
РФ, г. Ульяновск*

Солуянов Денис Александрович

*аспирант, кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы»
Ульяновского государственного технического университета,
РФ, г. Ульяновск*

E-mail: d.soluyanov@yandex.ru

COMPENSATION OF MULTIPLICATIVE TEMPERATURE ERROR OF STRAIN GAUGE

Tihonenkov Vladimir Andreevich

*candidate of Technical Sciences, professor of Department of Measuring
and Computing Complexes of Ulyanovsk State Technical University,
Russia, Ulyanovsk*

Soluyanov Denis Aleksandrovich

*postgraduate student of Department of Measuring
and Computing Complexes of Ulyanovsk State Technical University,
Russia, Ulyanovsk*

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена вопросу компенсации мультипликативной температурной погрешности тензорезисторного датчика с учетом отрицательной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика косвенным схемным способом.

ABSTRACT

This article focuses on the question of compensation multiplicative temperature inaccuracy tensoresistance sensor with account for negative temperature characteristic nonlinearity of sensor signal output with using of indirect circuit method.

Ключевые слова: тензорезистор; мультипликативная погрешность; компенсация; нелинейность; температура; выходной сигнал.

Keywords: tensoresistance; multiplicative inaccuracy; compensation; nonlinearity; temperature; signal output.

Современные системы контроля и управления в различных отраслях промышленности предъявляют высокие требования к точности и стабильности средств измерения.

Большое распространение в данной области получили тензорезисторные датчики. Одним из наиболее мощных дестабилизирующих факторов тензодатчиков является температура. Компенсация температурной погрешности является одной из приоритетных задач при разработке и изготовлении тензорезисторных датчиков.

В настоящее время предложены способы компенсации температурной погрешности, которые позволяют учесть нелинейность температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика (НТХДВС) благодаря использованию микропроцессоров. Один из них основан на использовании двух каналов: информационного и температурного [3]. Для подобного решения характерны следующие недостатки:

1. усложнение измерительной схемы из-за наличия двух измерительных каналов;
2. высокие требования к точности и стабильности канала измерения температуры;
3. разница между среднеинтегральной температурой тензорезисторов измерительного канала и температурой, воспринимаемой вторым каналом, может составлять десятки градусов;
4. значительная температурная погрешность при нестационарных тепловых режимах эксплуатации из-за разности температур измерительного и температурного канала;

5. уменьшение частотного диапазона измеряемого физического параметра, которое вызвано необходимой цифровой обработкой измерительной информации.

В другом способе мостовую цепь используют в качестве дополнительного канала, измеряющего температуру [1]. Подобное решение устраняет дополнительную температурную погрешность, вызванную нестационарным тепловым режимом, но не решает вопрос возникновения температурной погрешности. В этом случае селективность датчика к измеряемой физической величине приводит к уменьшению чувствительности дополнительного канала к температуре на 1—2 порядка по сравнению с предыдущим случаем. В результате снижается нижний порог чувствительности температурного канала, что не позволяет получить требуемую точность компенсации температурной погрешности.

Существующие схемные способы компенсации температурной погрешности [2, 4, 6] лишены данных недостатков, но не позволяют учесть НТХДВС датчика в рабочем диапазоне температур. По этой причине ведется разработка схемных способов, которые позволят учесть нелинейность температурной характеристики датчика.

В [5] предлагается схемный способ компенсации мультипликативной температурной погрешности с учетом отрицательной НТХДВС датчика микроселектронного исполнения. Данный способ предполагает компенсацию мультипликативной температурной погрешности и отрицательной НТХДВС путем включения термозависимого резистора R_α , зашунтированного термнезависимым резистором R_δ , в диагональ питания мостовой цепи, как показано на рис. 1.

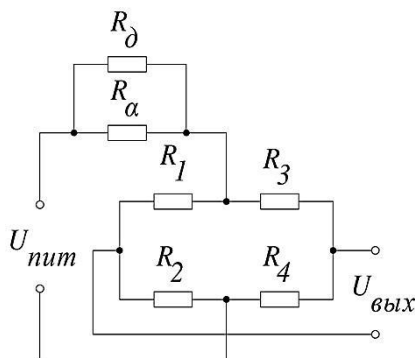


Рисунок 1. Схемный способ компенсации мультипликативной температурной погрешности

Недостатком описанного схемного способа является то, что при расчете номиналов компенсационных элементов используются сведения о температурном коэффициенте чувствительности (ТКЧ) тензорезисторов, температурного коэффициента сопротивления (ТКС) компенсационного термозависимого резистора R_a , входного сопротивления мостовой цепи датчика при температурах, соответствующих пределам рабочего диапазона температур.

Как правило, данную информацию можно получить из сертификатов на применяемые материалы, однако, существующие технологические разбросы при изготовлении этих материалов не позволяют использовать данную информацию из-за значительных разбросов, получаемых при определении значений компенсационных элементов. Кроме того, так как металлопленочные датчики выполняются с применением микроэлектронной технологии, данная информация может быть значительно искажена в результате напыления исходного материала. Поэтому, чтобы использовать аналитические выражения, необходимо осуществить экспериментальное определение требуемых параметров элементов, входящих в состав датчика.

Однако, экспериментальное определение физических параметров элементов измерительной схемы датчика представляет определенную сложность [4].

Во-первых, это чисто конструктивные и технологические затруднения, связанные с тем, что:

6. определение физических параметров, как элементов измерительной схемы, так и компенсационных элементов необходимо проводить в собранном датчике, так как существующие перепады температур и температурных деформаций по телу датчика могут вызвать недопустимо большие погрешности при определении компенсационных элементов;

7. определение всех физических параметров отдельных элементов требует, как правило, нарушения электрических связей в собранном датчике, что может привести к значительному ухудшению метрологических характеристик, так как эти связи заложены на самых ранних этапах формирования измерительной схемы металлопленочных датчиков.

Во-вторых, прямые методы измерения этих параметров, кроме большой трудоемкости, не обеспечивают требуемую точность. Так, при измерении ТКС тензорезисторов порядка $1 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ с точностью до 5 % требуется замер сопротивления номиналом 1000 Ом при перепаде температур в 50°C с точностью до 0,025 Ома, что составляет точность измерения 0,0025 % и требует применение специальных методов измерения.

По указанной причине следует производить измерение физических параметров элементов датчика косвенными методами, которые основаны на измерении выходного сигнала датчика при различных условиях. Подобное решение не только упростит настройку датчика, но и увеличит точность на порядок и более при определении физических параметров элементов датчика.

Кроме того, применение косвенных методов позволяет повысить точность измерения физических параметров датчика и последующей компенсации мультипликативной температурной погрешности. Допустим, что относительное изменение сопротивления тензорезисторов при номинальном значении измеряемого параметра составляет

$$\sum_{j=1}^4 \varepsilon_{rj} = \sum_{j=1}^4 \frac{\Delta R_j}{R_j} = 0,01, \text{ где } R_j = 1000 \text{ Ом — сопротивление } j\text{-го плеча}$$

мостовой цепи датчика, ΔR_j — изменение сопротивления плеча R_j . Данный выходной сигнал соответствует суммарному изменению

$$\text{сопротивлений плеч мостовой цепи } \sum_{j=1}^4 \Delta R_j = R_j \cdot \sum_{j=1}^4 \varepsilon_{rj} = 10 \hat{n} \cdot$$

В этом случае для обеспечения замера суммарного изменения сопротивлений плеч мостовой цепи в 10 Ом с точностью 0,025 Ом через измерение выходных сигналов потребуется использовать вольтметр класса точности не ниже 0,25 %, что доступно в настоящее время на любом производстве.

По указанным выше причинам был разработан схемный косвенный способ компенсации мультипликативной температурной погрешности с учетом отрицательной НТХДВС. Данный способ заключается в том, что в диагональ питания мостовой цепи включают термозависимый технологический резистор R_{am} , номинал которого больше возможных значений сопротивления компенсационного резистора R_a , параллельно которому устанавливают переключку. Производят предварительное определение ТКЧ тензорезисторов, ТКС входного сопротивления мостовой цепи, ТКС резистора R_{am} косвенными методами на основе измерения выходного сигнала датчика в различных условиях.

1. Для оценки ТКЧ тензорезисторов мостовой цепи датчика измеряют начальный разбаланс и выходной сигнал датчика при номинальном значении измеряемого параметра как при нормальной температуре t_0 , так и при температурах t^+ и t^- , соответствующих верхнему и нижнему пределу рабочего диапазона температур соответственно. Вычисляют значения девиаций выходного сигнала датчика ($\Delta U_{вых}^+$, $\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}t}^+$, $\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}t}^-$), соответствующие темпе-

ратурам t_0 , t^+ и t^- , как разность значений выходного сигнала датчика и начального разбаланса. На основе полученных значений девиаций выходного сигнала вычисляют значения ТКЧ тензорезисторов мостовой цепи датчика ($\alpha_{\ddot{a}}^+$, $\alpha_{\ddot{a}}^-$), соответствующие температурам t^+ и t^- , по формулам:

$$\alpha_{\ddot{a}}^+ = \frac{\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}t}^+ - \Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}}}{\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot \Delta t^+};$$

$$\alpha_{\ddot{a}}^- = \frac{\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}t}^- - \Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}}}{\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot \Delta t^-},$$

где: $\Delta t^+ = t^+ - t_0$ — положительный диапазон температур;

$\Delta t^- = t^- - t_0$ — отрицательный диапазон температур.

На основе полученных значений ТКЧ тензорезисторов мостовой цепи при воздействии температуры вычисляют $\Delta\alpha_{\ddot{a}} = \alpha_{\ddot{a}}^+ - \alpha_{\ddot{a}}^-$, характеризующую НТХДВС.

2. Для оценки ТКС входного сопротивления мостовой цепи датчика измеряют входное сопротивление мостовой цепи датчика $R_{\text{вх}}$, в цепь питания включают термнезависимый резистор R_i , что позволит получить выходной сигнал, который будет зависеть от температурной зависимости не только чувствительности тензорезисторов, но и входного сопротивления мостовой цепи. Номинал резистора R_i следует брать равным $R_i = 0,5 \cdot R_{\text{вх}}$, поскольку при данном номинале резистора R_i влияние ТКС входного сопротивления на выходной сигнал будет достаточно большим, а выходное напряжение мостовой цепи уменьшится не более чем на треть.

Измеряют значения начального разбаланса и выходного сигнала датчика при номинальном значении измеряемого параметра при температурах t_0 , t^+ и t^- . Вычисляют значения девиаций выходного сигнала датчика ($\Delta U_{\text{вых}t}$, $\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}t}^+$, $\Delta U_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}t}^-$), соответствующие температурам t_0 , t^+ и t^- . На основе полученных значений девиаций выходного сигнала вычисляют значения $\alpha_{\ddot{a}\ddot{o}}^+$, $\alpha_{\ddot{a}\ddot{o}}^-$ ТКС входного сопротивления мостовой цепи датчика, соответствующие температурам t^+ и t^- , по формулам:

$$\alpha_{\hat{a}\hat{o}}^+ = \frac{(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_i)(\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r})}{[(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_i) \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r} - R_{\hat{a}\hat{o}} \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}]} \cdot \Delta t^+;$$

$$\alpha_{\hat{a}\hat{o}}^- = \frac{(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_i)(\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r})}{[(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_i) \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r} - R_{\hat{a}\hat{o}} \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}]} \cdot \Delta t^-.$$

3. Для оценки ТКС технологического термозависимого резистора R_{am} отключают резистор R_i , снимают перемычку с резистора R_{am} . Измеряют значения начального разбаланса и выходного сигнала датчика при номинальном значении измеряемого параметра при температурах t_0 , t^+ и t^- . Вычисляют значения девиаций выходного сигнала датчика ($\Delta U_{\text{выход}}$, $\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^+$, $\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^-$), соответствующие температурам t_0 , t^+ и t^- . На основе полученных значений девиаций выходного сигнала вычисляют значения $\alpha_{\hat{e}}^+$, $\alpha_{\hat{e}}^-$ ТКС технологического термозависимого резистора R_{am} , соответствующие температурам t^+ и t^- , по формулам:

$$\alpha_{\hat{e}}^+ = \frac{(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_{\hat{o}\hat{a}})(1 + \alpha_{\hat{a}\hat{o}}^+ \cdot \Delta t^+)}{R_{\hat{o}\hat{a}} \cdot \Delta t^+} \cdot \frac{\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^+}{\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^+ \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} - \frac{R_{\hat{a}\hat{o}}(1 + \alpha_{\hat{a}\hat{o}}^+ \cdot \Delta t^+) + R_{\hat{o}\hat{a}}}{R_{\hat{o}\hat{a}} \cdot \Delta t^+};$$

$$\alpha_{\hat{e}}^- = \frac{(R_{\hat{a}\hat{o}} + R_{\hat{o}\hat{a}})(1 + \alpha_{\hat{a}\hat{o}}^- \cdot \Delta t^-)}{R_{\hat{o}\hat{a}} \cdot \Delta t^-} \cdot \frac{\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}r}^-}{\Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{a}}^- \cdot \Delta U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} - \frac{R_{\hat{a}\hat{o}}(1 + \alpha_{\hat{a}\hat{o}}^- \cdot \Delta t^-) + R_{\hat{o}\hat{a}}}{R_{\hat{o}\hat{a}} \cdot \Delta t^-}.$$

В соответствии с [5] на основе полученных значений $\alpha_{\hat{a}}^+$, $\Delta\alpha_{\hat{a}}$, $\alpha_{\hat{a}\hat{o}}^+$ производят проверку принадлежности физических параметров датчика области применения схемного способа компенсации мультипликативной температурной погрешности с учетом отрицательной НТХДВС. На основе полученных значений $\alpha_{\hat{a}}^+$, $\alpha_{\hat{a}}^-$, $\alpha_{\hat{a}\hat{o}}^+$, $\alpha_{\hat{a}\hat{o}}^-$, $\alpha_{\hat{e}}^+$, $\alpha_{\hat{e}}^-$ вычисляют номиналы компенсационных резисторов R_a и R_o .

После вычисления номиналов резисторов R_a и R_o производят замену технологического резистора R_{am} термозависимым компенсационным резистором R_a с вычисленным номиналом, путем частичного задействования резистора R_{am} , поскольку при замене резистора R_{am} на резистор R_a с вычисленным номиналом техно-

гически очень трудно обеспечить равенство ТКС резисторов $R_{ам}$ и R_{α} . Резистор R_{α} шунтируют термнезависимым резистором R_0 .

Представленный способ позволит произвести компенсацию мультипликативной температурной погрешности с учетом отрицательной НТХДВС с использованием широко распространенной измерительной техники. Численная оценка погрешностей позволила установить, что представленный способ позволит получить мультипликативную чувствительность датчика к температуре не более 10^{-6} 1/°C.

Список литературы:

1. Дружинин А.А. Многофункциональный датчик давления и температуры на основе твердых растворов SiGe [текст]/ А.А. Дружинин, И.П. Островский, С.Н. Матвиенко, А.М. Вуйцик// Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2005. — № 6. — С. 24—26.
2. Пат. 2300735 Российская Федерация, МПК G 01 В 7 / 16 Способ настройки тензорезисторных датчиков с мостовой измерительной цепью по температурной погрешности/ В.А. Тихоненков, Е.В. Тихоненков; заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. № 2006104494/28; заявл. 13.02.2006; опубл. 10.06.2007, Бюл. № 16.
3. Пат. 2304762 Российская Федерация, МПК G01L9/04 Способ и устройство измерения давления/ В.И. Садовников, А.Н. Кононров, А.Я. Аникин, В.А. Ларионов, А.Л. Шестаков; заявитель и патентообладатель Южно-Уральский государственный университет. № 2006110266/28; заявл. 30.03.2006; опубл. 20.08.2007, Бюл. № 23.
4. Пат. 2307997 Российская Федерация, МПК G 01 В 7 / 16 Косвенный способ настройки тензорезисторных датчиков с мостовой измерительной цепью по мультипликативной температурной погрешности/ В.А. Тихоненков, Е.В. Тихоненков; заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. № 2006121637/28; заявл. 19.06.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28.
5. Пат. 2401982 Российская Федерация, МПК G 01 В 7 / 16 Способ настройки тензорезисторных датчиков с мостовой измерительной цепью по мультипликативной температурной погрешности с учетом нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика / В.А. Тихоненков, Л.Н. Винокуров; заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. № 2009141089/28; заявл. 06.11.2009; опубл. 20.10.2010, Бюл. № 29.
6. Тихоненков В.А. Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин: учебное пособие / Тихоненков В. А., Тихонов А.И. Ульяновск: УлГТУ, 2000.

СЕКЦИЯ 10.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШАССИ КОЛЕСНЫХ РОБОТОВ

Вяльцев Георгий Бенцианович

*инженер НГТУ,
РФ, г. Новосибирск*

Сагитов Юрий Ильдарович

*ассистент НГТУ,
РФ, г. Новосибирск
E-mail: el.mexan@gmail.com*

WHEELED ROBOT'S CHASSIS COMPARATIVE TESTS

Vyaltsev George Bentsianovich

*engineer NSTU,
Russia, Novosibirsk*

Sagitov Yuri Ildarovich

*assistant NSTU,
Russia, Novosibirsk*

АННОТАЦИЯ

В статье проанализированы результаты сравнительных испытаний двух шестиколесных полноприводных автономных (дистанционно-управляемых моделей) роботов. Произведена оценка проходимости двух различных конструкций подвески. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках испытанных конструкций.

ABSTRACT

This paper analyzes the results of comparative tests of the two wheel-drive six-wheeled autonomous remote-controlled robots. Patency of two different designs of the suspension is evaluated. Conclusions are about the advantages and disadvantages experienced by the structure.

Ключевые слова: робот; колесное шасси; проходимость.

Keywords: robot; wheeled chassis; patency.

Автономные мобильные роботы в настоящее время приобретают все большее распространение. Во многом такая популярность обусловлена большим ассортиментом готовых деталей и возможностью свободного творчества в области конструирования и прикладного программирования, а также высоким уровнем доступностей компонентов для разработки.

Электронное оборудование для роботов весьма развито и унифицировано. Для создания механической части также существуют различные готовые комплекты и конструкторы. В этих условиях даже не имеющий собственного производственного оборудования коллектив или одиночный исследователь может создавать весьма разнообразные по конструкции и назначению прототипы.

Довольно большую нишу на рынке занимают готовые шасси, как правило, китайского производства. Эти комплекты очень привлекательны для использования благодаря доступности и хорошей рекламе. Производители часто не предоставляют никакой технической информации о своей продукции. Поэтому о реальных качествах того или иного шасси можно судить только по результатам испытаний.

В этой статье рассматривается результат сравнительных испытаний двух близких по конструкции роботов, и анализируются преимущества и недостатки испытываемых конструкций.

В испытаниях принимали участие два робота, созданных в Новосибирском Государственном Техническом Университете. Оба робота имеют трехосную полноприводную конструкцию с приводом каждого колеса от собственного электрического двигателя.

Робот, имеющий внутреннее наименование ЕЖ 3 был создан как дистанционно управляемый разведчик помещений. Фотография этого образца приведена на рисунке 1. При создании этого робота руководствовались соображениями максимальной простоты и прочности. Поэтому предпочтение было отдано корпусу в виде фермы обшитой листовым алюминием. Поддрессирование колес отсутствует. Амортизация осуществляется за счет мягких шин

с поролоновым наполнением. Для защиты двигателей между колесом и двигателем на каждую ось установлен подшипник.



Рисунок 1. Робот ЕЖ

Другой робот «МСЦ» создавался сотрудниками студенческого конструкторского бюро «Робототехника и Искусственный Интеллект» для тестирования разрабатываемой прямо-передающей аппаратуры и отработки моделей полуавтономного управления. Фотография приведена на рисунке 2. Этот робот был собран на базе готового шасси DAGU Wild Thumper 6WD [1].

Колеса, аналогичные использованным в конструкции робота ЕЖ, установлены непосредственно на оси электродвигателей (в конструкции использованы двигатели со встроенным в корпус редуктором, т. е. фактически колесо устанавливалось на выходной вал редуктора). Двигатель с колесом подвешивается к раме, со степенью свободы в вертикальной, перпендикулярной с ось робота плоскости и подрессорен в этой плоскости. Такое решение позволяет адаптировать шасси к поверхности дороги, обеспечивая максимальное сцепление. Кроме того рессора защищает подшипник двигателя от ударов в вертикальном направлении.



Рисунок 2. Робот МСЦ

Двигатели были подключены в две ветви — по правому и левому борту. В пределах ветви двигатели соединены параллельно. Технические данные испытываемых роботов сведены в таблицу 1.

Автономный мобильный робот как транспортное средство должен обладать проходимостью, достаточной для преодоления препятствий, встречающихся роботу при выполнении служебных обязанностей. Целью сравнительных испытаний была проверка шасси испытываемых моделей по этому параметру.

Таблица 1.

Технические данные испытываемых роботов

	Еж3	«МСЦ»
Вес	5 кг	2 кг*
Габариты	35**х30х20 см	40х25х20 см
Клиренс	35 мм	55 мм
Колесо	D=180 мм	D=180 мм
Питание	12 В 5000 мАч	2 акк. По 12 В 5000 мАч
Автономность	1.5 ч	~4 ч
Крейсерская скорость	0.3 м/с (≈1 км/ч)	1.5 м/с (≈5 км/ч)
Запас хода	Около 1.5 км	неизвестно
Мощность двигателя	36Вт х 6 двигателей	≈40Вт х 6 двигателей
Номинальная частота вращения двигателя	130 об/мин	295 об/мин

Номинальный момент двигателя	9,4 кг·см	4, кг·см
Передаточное число встроенного редуктора	75:1	34:1

* Робот испытывался в облегченной конфигурации, со снятыми корпусом и частью бортовых систем.

** 40см со съёмным «тараном» / бампером

В качестве наиболее общих препятствий были выбраны ступени обычных типовых лестниц, а также элементы растительного ландшафта. В ходе испытаний были получены следующие результаты.

Спуск по лестницам

Расстояние между краями соседних ступеней типовой лестницы сравнимо с длиной корпуса обеих испытываемых моделей. По этой причине спуск по лестнице представляет определенные трудности.

Лестничная ступень для малоразмерного робота фактически является противотанковым контрэскарпом. Преодоление такого препятствия можно условно разделить на три этапа, как это показано на рисунке 3. На первом этапе робот подходит к краю ступени и вывешивается, приблизительно на половину длины корпуса (рис. 3 поз. 1). После этого под действием силы тяжести корпус наклоняется и происходит утыкание передними колесами в землю (рис. 3 поз. 2). Если в этот момент проекция центра тяжести робота на грунт (рис. 3 точка А) окажется за осью переднего колеса (рис. 3 точка В), то произойдет переворачивание. В противном случае робот продолжит движение вперед. Простой расчет позволяет легко вычислить предельную высоту преодолеваемой ступени.

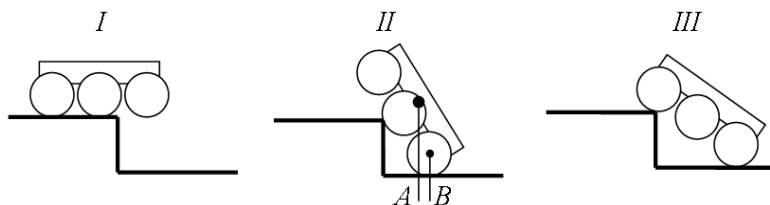


Рисунок 3. Этапы преодоления роботом ступеньки

Визуально робот «МСЦ» имеет более высокий центр тяжести и должен хуже преодолевать данное препятствие. Кроме того за счет особенностей подвески, передние колеса этого робота могут сильно

провиснуть вниз на первом этапе, что должно сказаться на дальнейшем процессе спуска.

В действительности за счет меньшей массы и большей скорости робот «МСЦ» успешно преодолел препятствие, разогнавшись и благодаря инерции фактически спрыгнув со ступеней, полностью миновав второй этап и сразу перейдя в положение рис. 3 поз. 3. Также некоторую помощь аппарату оказала несимметричность конструкции — тяжелый блок аккумуляторов в кормовой части, смещающий центр тяжести конструкции назад.

Робот ЕЖ не имея возможности разогнаться произвел спуск с опорой на бортовой «таран» (Рис. 4). Этот «таран» предназначен для помощи в расчистке пути робота в ходе осмотра помещений от небольших объектов — стульев, бытового мусора и т. п. а также для манипуляций с межкомнатными не запираемыми дверями.

В ходе испытаний был также опробован способ спуска диагонально по ступеням (см рис. 5). Этот способ требует большего мастерства от оператора робота, но позволяет аппарату при спуске компенсировать недостаток размера, в достаточной степени, чтобы избежать переворота.



Рисунок 4. Спуск по ступеням с использованием вынесенной опоры



Рисунок 5. Спуск по ступеням диагонально

При утыкании в грунт колес (рис. 3. поз. 2; рис. 5) происходит сильный удар по оси двигателя. Существует опасность повреждения двигателя или оси, которую необходимо учитывать при расчете прочности конструкции робота.

Подъем по лестнице

Лестничная ступень, при преодолении ее роботом, является эскарпом. Из практики использования полноразмерной гусеничной и вездеходной техники эскарп является более сложным препятствием чем контрэскарп. В рекомендациях по вождению танка указано, что для преодоления эскарпа, высота которого существенно больше высоты переднего катка гусеницы, данный эскарп необходимо разрушить ударами гусениц или огнем танкового орудия. Оба эти способа для робота неприменимы. Однако исследуемые роботы существенно отличаются от полноразмерных транспортных средств соотношением массы к мощности двигательной установки. Это позволяет роботу производить подъем передними колесами по вертикальной стене за счет упора задними колесами в грунт.

Препятствием при преодолении ступени становится не сам подъем на ступень, а момент переваливания корпуса через край ступени.

Может создаться впечатление, что для преодоления ступеньки достаточно обеспечить устойчивость робота при заезде средним колесом. Т. е. центр тяжести (рис. 6, поз. 1, точка А) не должен

выходить за точку касания земли колесом (рис. 6, поз. 1, точка В). В действительности для стабильного подъема на ступеньку необходимо чтобы центр тяжести оказался за краем верхней ступеньки (рис. 6 поз. 2). Очевидно, что безопасно преодолеваемая высота ступени в этом случае значительно меньше чем при спуске. Если это условие не выполняется, то при подъеме на ступеньку робот остановится в положении, изображенном на рис. 7.

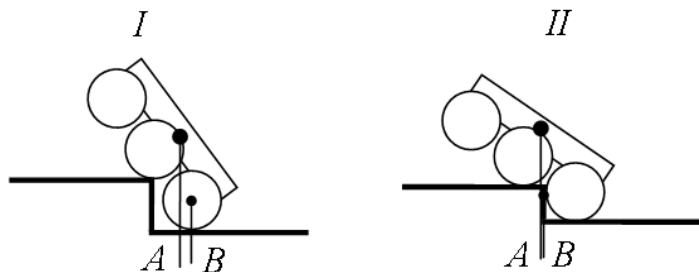


Рисунок 6. Преодоление ступени в направлении вверх

Единственное отличие шасси робота «МСЦ» при преодолении этого препятствия заключается в возможности забросить на ступень одно колесо и подниматься вверх аналогично спуску по диагонали (рис. 5). За счет особенностей подвески робот «МСЦ» при таком подъеме мог касаться нижней ступени двумя-тремя колесами (см. рис. 8), в то время как робот ЕЖ вынужден был бы балансировать на одном колесе.



Рисунок 7. Роботы в процессе преодоления ступени



Рисунок 8. Преимущество использования свободной подвески колес

Для обоих роботов непроходимыми оказались ступени с отрицательным углом наклона вертикальной поверхности ступени.

Тестовая поездка по растительному ландшафту показала, что оба робота имеют примерно одинаковую проходимость. Преодоление травы и корней деревьев не вызвало существенных проблем. Исключением стал единственный досадный инцидент с попаданием сучка в подвеску робота «МСЦ» (см рис. 9).



Рисунок 9. Авария, вызванная открытой конструкцией подвески робота «МСЦ»

Выводы

Анализ результатов сравнительных испытаний показал, что робот «МСЦ» имея с роботом ЕЖ, двигательные установки одинаковой мощности, но будучи вдвое легче и обладая большей скоростью

(большее передаточное число редукторов) показывает несколько лучшую проходимость.

Однако механическая уязвимость конструкции подвески этого робота может сказаться в ходе эксплуатации, особенно, в случае установки на эту подвеску более тяжелого корпуса. В этом случае защищенная конструкция робота ЕЖ может оказаться более целесообразной.

Оба робота в ходе испытаний показали свою пригодность для решения поставленных задач.

Список литературы:

1. Сайт фирмы DAGU Electronics // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://dagurobot.en.made-in-china.com> Дата обращения: 01.12.2013.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Смотров Евгений Александрович

*канд. техн. наук, зав. сектором ГП НТЦ «Станкосерт»,
Украина, г. Одесса
E-mail: ukrniisip@gmail.com*

Вершинин Дмитрий Вениаминович

*инж.-исследователь ОДО «СКБ специальных станков»,
Украина, г. Одесса
E-mail: disveir@gmail.com*

Субботин Виктор Владимирович

*студент каф. ЭМСКУ
Одесского национального политехнического университета,
Украина, г. Одесса
E-mail: subtev@gmail.com*

ABOUT ENERGY PERFORMANCE ESTIMATION OF THE ELECTRIC VEHICLE

Smotrov Evgeniy Aleksandrovich

*Ph. D., Head of Sector SE STC "Stankosert",
Ukraine, Odessa*

Vershinin Dmitriy Veniaminovich

*eng.-researcher SAL «SDD of the special machine tool»,
Ukraine, Odessa*

Subbotin Viktor Vladimirovich

*student of the EMSCC Odessa National Polytechnic University,
Ukraine, Odessa*

АННОТАЦИЯ

В работе указано на необходимость унификации и пересмотра большинства ездовых циклов для последующего применения их при анализе энергетических свойств электротранспортных средств. Проведено сравнение наиболее распространенных ездовых циклов, приведен фрагмент реального режима движения в городском потоке. Приведен способ продления срока службы одного из основных узлов электротранспортного средства — аккумуляторной батареи, при движении с требуемой динамикой.

ABSTRACT

It necessary to revise and standardize the most of the driving cycles for the proper estimation of the energetic properties of the electric vehicle. Comparisons of the most common driving cycles were performed and the fragment of the real-mode traffic was considered. A method of prolong the battery life while driving with the desired dynamics were proposed.

Ключевые слова: электротранспорт; суперконденсатор; аккумуляторная батарея; рекуператор; энергия; цикл.

Keywords: electric transport; ultracapacitor; battery; recuperator; energy; cycle.

Основной энергетической характеристикой электротранспортных средств (ЭТС) является расход энергии Втч/км (очень часто оперируют удельным расходом Втч/км/т). Расход энергии K_A представляет собой отношение энергии A , затраченной на прохождение

определенной дистанции L в конкретном режиме движения, к величине этой дистанции L (и к массе ЭТС m при расчете удельного расхода):

$$K_A = \frac{A}{L} \quad (1)$$

$$K_A^* = \frac{K_A}{m} = \frac{A}{mL} \quad (2)$$

Энергию A можно условно разделить на две составляющие:

$$A = A_{\text{сопр}} + A_{\text{дин}} \quad (3)$$

где: $A_{\text{сопр}}$ — энергия, затраченная на преодоление сопротивления движению (трение в шинах, о дорогу, аэродинамическое сопротивление воздуха, скатывающая сила при наличии уклона дороги — Road Load [8]).

$A_{\text{дин}}$ — энергия, затраченная на изменение скоростного режима ТС, которая, в свою очередь, может быть разделена на энергию разгона $A_{\text{разг}}$ и энергию торможения $A_{\text{торм}}$.

Энергия $A_{\text{сопр}}$ определяет затраты энергии при движении с постоянной скоростью. Похожий характер движения наблюдается, например, на автобанах, скоростных магистралях. Энергия $A_{\text{дин}}$ характеризует затраты энергии при движении с переменной скоростью, причем $A_{\text{дин}}$ тем выше чем выше ускорения ЭТС. Похожий режим движения (с небольшими ускорениями) достигается при движении в часы пик. В целом движение в городских условиях будет характеризоваться смешанным циклом движения, для которого будут характерны как участки движения с постоянной скоростью, так и с переменной.

При проектировании основных силовых электрических узлов и блоков ЭТС необходимо знать, характеристики преобладающих режимов движения, в которых будет в дальнейшем эксплуатироваться ЭТС. С этой целью — анализа реальных условий вождения

транспортных средств (ТС) — необходимо разработать специальные или пересмотреть существующие ездовые циклы. Существуют стандартные циклы, которые были разработаны, чтобы обеспечить основу для сравнения различных ТС, оценки выбросов и расхода топлива. Вместе с тем за последнее десятилетие значительно выросли скорости и ускорения движения потока городского транспорта, так в Москве на ряде основных магистралей разрешенная скорость составляет 80 км/час.

Несоответствие стандартных циклов (Ц) для определения выхлопа реальным режимам движения, отмечаемое многими авторами [1], послужило началом анализа режимов движения ТС и разработки собственных циклов движения для различных городов (Москва [2], Афины [10], Пуна (Индия) [7] и др.) Общим для всех работ является более напряженный график движения, больший уровень скоростей и ускорений.

Комитет интернациональной ассоциации общественного транспорта (UITP) в содружестве с производителями автобусов предлагает свои Ц (во многом объединившие Ц различных крупных городов) SORT (Standardised On-Road Test) [9] и упоминают о том, что ускорения для городского Ц лежат в пределах $1 \dots 2 \text{ м/с}^2$

В табл. 1 предоставлены результаты обработки Ц ECE-15, загородной добавки к ECE-15-EUDC и нового европейского городского Ц NEDC. Представлены также Ц SORT [9] — нагруженный, облегченный и пригородный.

К основным характеристикам Ц; дистанции $L_{\text{Ц}}$, длительности Ц $t_{\text{Ц}}$, максимальной скорости $v_{\text{макс}}$, средней скорости $v_{\text{ср}}$ и максимальным значениям ускорений разгона $a_{\text{р макс}}$ и торможения $a_{\text{т макс}}$ добавлены дополнительные характеристики аналогично [7]. К ним относятся: относительные суммарные

Таблица 1.

Сравнительная характеристика циклов

Параметр \ Название цикла		ECE-15	EUDC	NEDC	Heavy Urban C SORT	Easy Urban C SORT
		Скорость, км/ч	среднее	18.7	62.6	33.6
	максимум	50	120	120	40	50
Дистанция, км		4.052	6.955	11.007	0.3	0.6
Максимальное, м/с ²	ускорение	1.1	0.8	1.1	1.1	1.1
	замедление	0.97	1.1	1.1	1.0	1.0
Длительность, с		780	400	1180	100	120
Относительное время, %	разгона	22	20	21	36	34
	торможения	18	8	15	28	28
	движения	29	62	40	5	8
	стоянки	31	10	24	31	30

Таблица 1.(продолжение)

Сравнительная характеристика циклов

Параметр \ Название цикла		Suburban C SORT	NY bus C	Orange county C	Цикл Одессы
		Скорость, км/ч	средняя	26.3	5.94
	максимум	75	49.56	65.4	40
Дистанция, км		1,3	0.99	10.526	1.233
Максимальное, м/с ²	ускорение	1.1	2.77	1.44	2
	замедление	1.0	0.97	1.1	1.6
Длительность, с		180	600	1909	274
Относительное время, %	разгона	33	12	44	29
	торможения	31	21	33	53
	движения	8	0	2	2
	стоянки	28	67	21	16

значения времени стоянки $t_{СТ}$, установившегося движения $t_{ДВ}$, разгона $t_{РАЗГ}$ и торможения $t_{ТОРМ}$, выраженные в процентах от времени Ц $t_{Ц}$.

Анализируются европейские циклы, как наиболее приближенные к нашей стране. Для сравнения также добавлены примеры американских Ц – NY bus C (городской) и Orange County bus C (пригородный). Как видно из данных табл.1 американские Ц характеризуются большей динамичностью по сравнению с ЕСЕ и SORT, меньшим временем установившегося движения.

Также характерной особенностью при выборе цикла для проектирования основных узлов электрооборудования должны быть особенности эксплуатации — в которые входят местность: городская, пригородная; характер движения: свободный (стоянка вынужденная) или циклический (стоянка обязательна). Так городской Ц NY bus C (циклический) характеризуется большим ускорением разгона, большой длительностью стоянок — следовательно и низкой средней скоростью, что существенно отличает его от пригородного Orange county C.

На рис. 1 приведена выборка из экспериментальных данных маршрутного такси в г. Одессе. Для тахограммы на рис. 1 проведена соответствующая обработка, и ее результаты занесены в табл. 1. Сравнение показывает, что цикл маршрутного такси характеризуется малым интервалом установившегося движения, а из динамических участков преобладает торможение. Средняя скорость находится между облегченным и нагруженным циклами SORT. Максимальные ускорения в полтора (торможения) — два раза (разгон) превышают существующие европейские ездовые циклы.

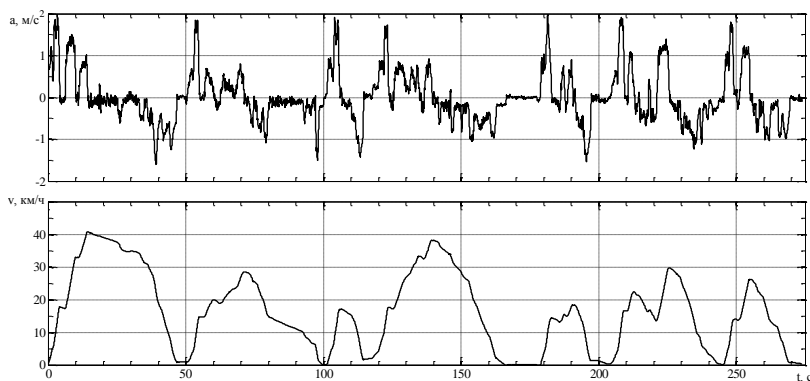


Рисунок 1. Фрагмент режима движения маршрутного такси (г. Одесса)

Спроектированное и изготовленное на базе европейского городского цикла, например ЕСЕ-15 [3], ЭТС просто «не впишется»

в городской поток. При проектировании ЭТС работающих в режиме маршрутного такси по городу или близкому к нему считаем целесообразным взять за основу данные циклов Heavy SORT, но при расчете предельных режимов принимать максимальное ускорение/замедление 2 м/с^2 .

Такие ускорения ЭТС при движении требуют значительно больших токов чем при движении ЭТС с постоянной скоростью. В ЭТС источником энергии является аккумуляторная батарея (АБ), разряд и заряд которой большими токами (более половины от номинальной емкости) сокращает срок жизни АБ. В то же время завышения емкости АБ приводит к неоправданному увеличению габаритов, массы и стоимости. Следует отметить, что стоимость АБ составляет около 30 % от стоимости ЭТС.

Одним из способов ограничения указанных токов является введение в состав электрооборудования ЭТС суперконденсаторов (СК). На рис.2 показана схема подключения СК к АБ через реверсивный DC-DC преобразователь [6]. Нагрузкой источника является DC-AC преобразователь электропривода (ЭП) мотор-колеса (МК). Предварительный заряд СК от АБ и последующий подзаряд при торможении ЭТС за счет рекуперации позволяет сформировать динамический источник тока. У динамического источника тока две задачи — оперативный прием рекуперированной электроэнергии при торможении ЭТС и «помощь» АБ в формировании пускового тока ЭТС. На рис. 2 приведен пример «распределения» тока ЭП при разгоне и торможении между АБ и СК.

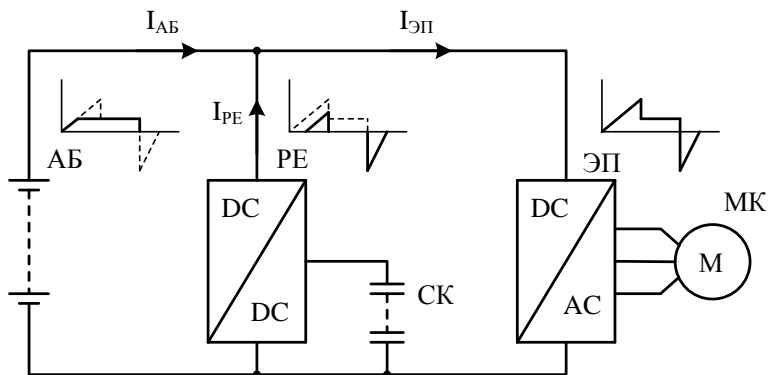


Рисунок 2. Схема включения СК в состав электрооборудования ЭТС

Величина емкости СК должна соответствовать указанным задачам, т. е. принять энергию рекуперации и обеспечить разгон ЭТС. В [8] отмечено, что количество энергии, которое может быть реализовано при торможении ЭТС при движении в соответствии со стандартизованными Ц, составляет не более 1/3 от кинетической энергии ТС. Т. о., если добиваться реализации $A_{\text{дин}}$ за счет дополнительного динамического источника тока, величина емкости СК должна соответствовать выражению

$$C \geq \frac{m}{\eta} \times \frac{v^2}{U_{\max}^2 - U_{\min}^2} \quad (4)$$

где: v — максимальная скорость ЭТС в цикле;

U_{\max} — максимальное рабочее напряжение СК;

U_{\min} — минимальное рабочее напряжение СК;

η — КПД преобразователя (рекуператора);

m — масса ЭТС;

При определении токов и выборе элементов рекуператора — силовых ключей, дросселя и т. д. необходимо ориентироваться на максимальную скорость в цикле (или в ТЗ на ЭТС).

Для оценки энергетики рекуператора воспользуемся следующим рассуждением: рекуператор работает при разгоне и торможении ЭТС. Допустим, при этом величина тока равна предельному значению как при разгоне, так при торможении. Тогда среднеквадратичный ток, определяющий габаритную мощность рекуператора

$$I_{\text{скз}} = \sqrt{\frac{I_{\text{разг}}^2 \max t_{\text{разг}} + I_{\text{торм}}^2 \max t_{\text{торм}}}{3}} \quad (5)$$

при равных пиках тока разгона и торможения, согласно [4].

$$I_{\text{скз}} = I_{\max} \sqrt{\frac{t_{\text{разг}} + t_{\text{торм}}}{3}} \quad (6)$$

При предложенном решении энергия

$$A_{\text{сопр}} = \int_0^{t_{\text{и}}(1-t_{\text{ст}})} F_{\text{сопр}}(t)v(t)dt \quad (7)$$

обеспечивается за счет энергии АБ, а энергия

$$A_{\text{дин}} = \int_0^{t_{\text{и}}(t_{\text{раз}}+t_{\text{торм}})} mav(t)dt \quad (8)$$

за счет АБ и рекуперированной энергии.

Как уже отмечалось выше, в СК может быть отдано около 1/3 от кинетической энергии ТС. Для пополнения заряда СК используется энергия АБ в паузах (при стоянке). Такое распределение позволяет избавить АБ от пусковых токов и, соответственно, обеспечить максимальную длительность жизненного цикла АБ.

Список литературы:

1. Антипов С.И. Современные испытательные ездовые циклы и их актуальность при создании алгоритма работы системы управления автомобиля с КЭУ. / С.И. Антипов, Ю.В. Дементьев. // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия Наземные транспортные средства. — 2013 — № 10 (113), — Вып. 6 — С. 8—11.
2. Ветров Ю. NEDC и ARDC: Наука и жизнь / Ю. Ветров // Авторевю. — 2012. — № 11. — С. 32—35.
3. Гибридные автомобили — решение экологической проблемы автомобильного транспорта. / В.В. Селифонов, К.Е. Карпухин, А.И. Филонов, Баулина Е.Е., Е.В. Авруцкий // Известия МГТУ «МАМИ» — 2007 — № 2(4) — С. 30—44. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://lib.mami.ru/marc21/getfile.php?file=R2licmlkbNllX2F2dG9tb2JpbGkucGRm>.
4. Ключев В.И. Теория электропривода. / В.И. Ключев. М.: Энергоатомиздат, 2001 — 704 с.: ил.
5. Смотров Е.А. Построение тягового электропривода транспортного средства на основе многодвигательной схемы. / Е.А. Смотров, Д.В. Вершинин, О.Г. Дашко., Е.В. Савилов // Журнал автомобильных инженеров — 2011 — № 5 (70) — С. 30—34.

6. Смотров Е.А. Рекуператор бортового источника питания электро-транспортного средства. / Е.А. Смотров // Электротехнические и компьютерные системы — 2011 — № 2 (78) — С. 7—12.
7. Kamble Sanghpriya H. Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India. / Sanghpriya H. Kamble, Tom V. Mathew and G.K. Sharma // Transportation Research Part D: Transport and Environment, — 2009, — vol. 14, — Iss 8, — pp. 132—140.
8. Sovran G., M.S. Bohn. «Formylae for the Tractive-Energy Requirements of Vehicles Driving the EPA Schedules», SAE Paper № 81084.
9. Standardised On-Road Test Cycles — SORT. A ptoject of the UITP Bus Committee in a collaboration with manufactures. 54th UITP International Congress, London, 2001. Access mode: [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://ec.europa.eu/environment/archives/clean_bus/slides/etienne_sort.pdf.
10. Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the Athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and European driving cycle (EDC). E. Tzirakis, K. Pitsas, F. Zannikos and S. Stouknas. Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes Islands, Greece, 2005, — pp. A1520-A1525.

СЕКЦИЯ 11.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Мелешук Роман

студент ГБОУ СО СПО

«Энгельсский колледж профессиональных технологий»,

РФ, г. Энгельс

Сорокина Ирина Александровна

преподаватель ГБОУ СО СПО

«Энгельсский колледж профессиональных технологий»,

РФ, г. Энгельс

E-mail: sorokina-romanova@mail.ru

TO THE QUESTION ABOUT THE ECOLOGY OF SARATOV REGION

Roman Meleschuk

student GBOU WITH SPO Engels College of professional technologies»,

Russia, Engels

Sorokina Irina Aleksandrovna

teacher GBOU WITH SPO Engels College of professional technologies»,

Russia, Engels

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы экологической обстановки в Саратовской области. А именно состояние качества воды, а также

методы ее очистки, защиты и влияние на безопасность жизнедеятельности.

ABSTRACT

The article covers issues of ecological situation in the Saratov region. Namely, the state of water quality, as well as methods of its treatment, protection and impact on safety.

Ключевые слова: экология; Саратовская область; безопасность жизнедеятельности; загрязнение воды; очистка воды.

Keywords: ecology; Saratov region; health and safety; water pollution; water purification.

За последнее время в средствах информации я сталкиваюсь с проблемой окружающей среды и годом экологии. Сказать честно, раньше меня это мало интересовало. Да, слышал по радио, видел репортажи по телевизору, видел едкие заголовки газет, но они оставались для меня только красивым фоном. Но, однажды, на занятие по охране труда, нам показали видео ролик на эту тему, и меня потрясло увиденное, а особенно огромное количество погибшей рыбы, некоторые виды которые я никогда даже не видел на прилавках наших продуктовых магазинов. После этого, я настолько проникся этой темой, что стал копаться в литературе и интернете и узнал, что термин «экология» старый. Он был предложен еще в 1865 г. германским дарвинистом Эрнестом Геккелем для науки о взаимоотношениях животных и растений, обитающих на определенной территории, между собою и с окружающей физико-географической средой.

Вследствие бурного развития науки и техники стало очевидно, что человеческая деятельность, кроме известных благ, несет с собой и огромные разрушения: истощение природных ресурсов, загрязнение экосистем и человеческих поселений. Сейчас при слове «экология» перед мысленным взором предстают дымящиеся трубы и грязные стоки.

С современных позиций «экология — это наука (система знаний) о воспроизводстве жизни и гео-, био-, социальных факторах этого воспроизводства. А та классическая экология, основателем которой является Э. Геккель, фактически является лишь частью современной экологии, которую можно назвать биологической экологией» [2, с. 11].

Я считаю, что сохранение окружающей среды должно быть самой важной проблемой для всего человечества и для отдельно взятого человека. Увеличение добычи и переработки природных ресурсов, извлечение природных ископаемых не должно засорять

почву и водоемы промышленными и бытовыми сточными водами. Мы живем в юго-восточной части Русской равнины, территория области составляет 100,2 тыс. кв. км., можно сравнить с европейским государством и почти на половину разделяется великой рекой Волгой на правобережную и Заволжскую части. Саратовская область является крупным промышленным центром и следовательно источником выбросов в окружающую среду твердых и жидких отходов производства. Источниками загрязнения являются предприятия электроэнергетической промышленности, предприятия топливной, химической, нефтехимической промышленности. Увеличения количества личного авто транспорта. Особо хочется отметить сохранение водной артерии области — реки Волги, протяженность в границах области составляет 420 км. на ней расположены 2 водохранилища: Саратовское и Волгоградское.

По данным исследований, выполненных Нижневолжским НИИ геологии и геофизики, наиболее качественные воды представлены в юго-западной части территории Саратовской области и в Волгоградском водохранилище. Это воды из верховий рек, расположенных на антропогенно малоизмененных территориях, занятых сельскохозяйственными и лесными угодьями, а также дачными массивами. Наименее качественные воды фиксируются на окраинах г. Саратова, а также в долинах рек Елшанки, Гуселки-1, Гуселки-2 и прудовой системы пос. Дубки. Эта зона интенсивного загрязнения. Острая токсичность водной среды в пробах отмечается на русловом участке р. Волги вдоль обоих берегов в районе пос. Увек (ниже Саратова). Низкое качество воды отмечено на русле ниже г. Вольска, выше г. Балаково, у пос. Красный Текстильщик. Удовлетворительная обстановка наблюдалась: выше г. Хвалынска и выше г. Вольска, ниже г. Балаково, выше г. Саратова в районе с. Пристанное. Воды промежуточного загрязнения фиксируются почти на всем протяжении р. Курдюм и его притоков, а также в прибрежной полосе р. Волги до пос. Зональное. Территория распространения вод этого типа качества выделяется в зону средне изменённых вод. Таким образом, основную массу ЗВ принимает на себя р. Волга в результате сброса в нее сточных вод [1, с. 381].

Узнав эти данные еще более подробно хочется разобраться в нормативах качества воды перед сбросом ее в водоемы и количественном содержании вредных веществ в сточных водах. В учебных изданиях я нашел: защита очистки вредных сбросов не менее, а даже долее сложна и масштабна, чем очистки промышленных выбросов. В отличие от рассеивания выбросов

в атмосфере разбавление и снижение концентрации вредных веществ в водоемах происходит хуже. Поэтому требуется глубокая очистка сточных вод, тем более что водная экосистема очень ранима и чувствительна к загрязнениям.

Обратимся к трудам Девесилова В.А., который предлагает осуществлять защиту водной среды от вредных сбросов посредством применения следующих методов и средств:

- рациональным размещением источников сброса и организацией водозабора и водоотвода;
- разбавлением вредных веществ в водоемах до допустимых концентраций путем организации специально организованных и рассредоточенных выпусков;
- применением средств очистки стоков [3, с. 111].

Методы очистки сточных вод можно подразделить на механические, физико-химические и биологические.

Для очистки сточных вод от взвешенных частиц применяют процеживание, отстаивание, обработку в поле центробежных сил, фильтрование и флотацию.

Процеживание применяют для удаления из сточной воды крупных и волокнистых включений.

Отстаивание основано на свободном оседании примесей с плотностью большей плотности воды.

Фильтрование используют для очистки сточных вод от мелко дисперсных примесей как на начальной, так и конечной стадиях очистки.

Метод флотации заключается в абсорбировании примесей мелкими пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду, и поднятии их на поверхность, где образуется слой пены, который удаляют.

Физико-химические методы очистки воды применяют для удаления из сточной воды растворимых примесей, а в ряде случаев и для удаления взвесей. Как правило, физико-химическим методам предшествует стадия очистки от взвешенных веществ. Применяются разнообразные физико-химические методы, из которых наиболее распространены электрофлотационные, коагуляционные, реагентные, электрохимические, электродиализные, ионообменные.

Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические соединения в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности. При этом органические соединения окисляются до воды и углекислого газа. Биологическим путем очищаются многие

виды органических соединений городских и производственных сточных вод.

Оказалось, методов и средств аппаратного обеспечения очистки сточных вод много и они разнообразны, причем очистка от одного и того же загрязнения может быть обеспечена различными методами, выбор которого зависит от опыта разработчика, эксплуатации, финансовых и других требований и возможностей, и я очень рад что в нашей области развернуто экологическое движение, что поднимает на новый уровень сознание и этическое отношение к природе [4, с. 56].

Информационно просветительская деятельность в которую входят: участие в операциях «Чистый воздух», производятся акции в рамках дней зашиты от экологической опасности, лекции, семинары, издаются ежемесечная экологическая газета «Набат» (с 1990 г.). И в нашем колледже сложилась уникальная традиция — приводить в порядок городской пляж на берегу р. Волги, расположенного в 150 метрах от колледжа. Эта акция носит название «Чистый берег», в которой с большим энтузиазмом участвуют наши студенты и преподаватели. И мне приятно понимать, что я тоже принимаю участие в развитие нового образа жизни, влиявшие на экологически устойчивое развитие моей области.



Рисунок 1.



Рисунок 2.

Список литературы:

1. Аникин Л.С., Антонова О.Г., Шляхтин Г.В. Основы регионоведения. Опыт разработки лекционного курса. Саратов, 2003.
2. Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В., Кожевников Н.И. Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и охрана окружающей среды: Учеб. пособие. Саратов, 2000.
3. Девесилов В.А. Охрана труда. Москва ФОРУМ-ИНФРА, 2003.
4. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М., 1992.

**ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ
МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ
ОЧИСТКИ ВОЗДУХА
ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Соболев Алексей Александрович

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды», Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: srtechn@gmail.com*

Попов Андрей Николаевич

*магистрант, Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: srtechn@gmail.com*

Кадочкин Дмитрий Станиславович

*магистрант, Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: d.s.const.63@gmail.com*

Чаусов Владислав Нурмухаммадович

*студент, Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: ch.v.zos@mail.ru*

EMBEDDED MODULES MULTISTAGE AIR CLEANING SYSTEM FOR CONFINED SPACES

Sobolev Aleksey Aleksandrovich

*candidate of the technical science, assistant professor
of the chair «Environmental Engineering», Togliatti state university,
Russia, Togliatti*

Popov Andrei Nikolayevich

*undergraduate, Togliatti state university,
Russia, Togliatti*

Kadochkin Dmitri Stanislavovich

*undergraduate, Togliatti state university,
Russia, Togliatti*

Chausov Vladislav Nurmuhhammadovich

*student, Togliatti state university,
Russia, Togliatti*

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены проблемы очистки воздуха в замкнутых помещениях, в которых проживает или осуществляет трудовую деятельность человек. Также предложен встраиваемый модуль, предназначенный для многоступенчатой очистки воздуха в замкнутом помещении.

ABSTRACT

The paper discusses the problem of cleaning the air in a confined space in which resides or carries career people. Also provided is a plug-in designed for a multi-stage air cleaning in a closed room.

Ключевые слова: воздух; очистка; аэродисперсные системы; фильтрация.

Keywords: air; cleaning system; aerodisperse; filtering.

Одним из факторов, определяющих существование и развитие человека, является окружающая среда. Человек как биологическая система есть часть живой природы, и в то же время он требует постоянной защиты от её неблагоприятных воздействий. Здания и помещения обитания человека, в закрытом пространстве которых

он проводит большую часть своего времени, играют в основном защитную роль [6].

Искусственная среда обитания внутри замкнутых объектов требует наличия чистой воздушной атмосферы, и при нарушении этого требования может рассматриваться как серьезный фактор негативного влияния на здоровье человека [3].

До недавнего времени проблема подачи чистого воздуха в здания и помещения решалась простым способом отвода загрязненного воздуха и подвода чистого системами приточно-вытяжной вентиляции. Однако в условиях плотной застройки крупных городов и наличия все возрастающего технико-антропогенного загрязнения воздушной атмосферы над ними подобные решения малоэффективны, а следовательно, потенциально опасны для здоровья человека [1].

Воздух внутри помещений часто обнаруживает более высокое загрязнение по сравнению с наружным. Причиной этого, как правило, является большое количество внутренних источников [2]. Основными загрязнителями воздуха внутри зданий и помещений, связанными с деятельностью человека, являются:

- сероводород и аммиак (а также некоторые меркаптаны, дисульфиды и амины) при пользовании туалетами и бытовыми холодильниками;
- аэрозоли масел и продукты их неполного сгорания при приготовлении пищи;
- формальдегид и другие летучие вещества, выделяемые из мебели на основе клеевой ДСП (ДВП), строительно-отделочных пластиков и красок;
- хлор и хлорпроизводные при дегазации холодной водопроводной воды при её смешивании с горячей в душевых кабинах и ваннах; возможно также выделение газообразного сероводорода при использовании горячей воды сетей ГВС недостаточного качества;
- озон при работе современных копировальных аппаратов в офисах;
- газообразные продукты жизнедеятельности человека и домашних животных;
- избыток влаги и углекислого газа при нахождении значительного числа людей в здании или помещении [1].

Современные методы очистки воздуха, применяемые в промышленных масштабах, не слишком подходят для жилых помещений и нуждаются в иных технологических схемах. Для выявления оптимальной технологической схемы необходима сравнительная характеристика эффективности всех методов,

оптимальных для жилой сферы. Наиболее применимы для селитебной территории:

- воздушные фильтры HEPA;
- воздушные фильтры с активированным углем;
- фотокаталитическая очистка воздуха.

Предлагается устройство, направленное осуществление очистки воздуха от пыли, химических загрязнителей и микроорганизмов в замкнутых помещения (см. рисунок 1).

Проходя через фильтр грубой очистки (см. рисунок 1) поток воздуха попадает в пространство между двумя фильтрами грубой 1 и глубокой 3 очистки в котором находится ультрафиолетовая лампа 4. Находясь в межфильтровом пространстве ультрафиолетовая лампа обеззараживает не только проходящий поток воздуха, но и стенки фильтров. Для этого сейчас стали использовать современные ультрафиолетовые лампы, которые излучают короткий ультрафиолет. Использование таких ламп улучшить санитарные условия по содержанию и устройству помещений, обеспечивает снижение уровня распространения заболеваний инфекционного характера.

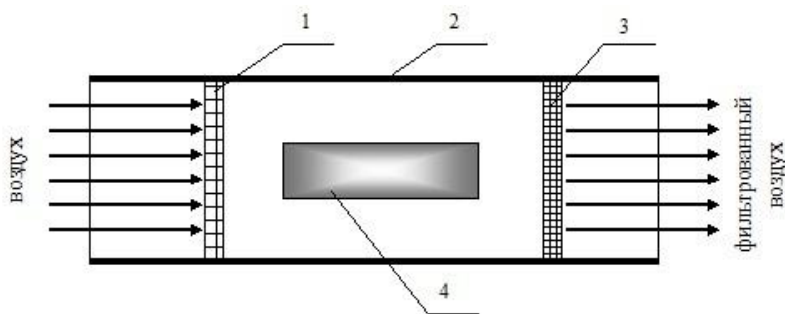


Рисунок 1. Система фильтрации воздуха: 1 — фильтр грубой очистки; 2 — воздуховод; 3 — фильтр глубокой очистки; 4 — ультрафиолетовая лампа

Проходя через межфильтровое пространство поток воздуха проходит через фильтр глубокой 3 очистки. В качестве фильтра предлагается использовать фильтр использующий принцип высокоэффективной фильтрации в помещениях воздуха с помощью HEPA фильтров (High Efficiency Particulate Air/Particle Absorption). Рекомендуется взять H11. Фильтр представляет собой конструкцию из алюминиевого, фанерного или металлического

корпуса глубиной. Внутри каркаса герметично клеен гофрированный фильтрующий материал из стеклотумаги. Материал абсолютно не восприимчив к влажности, не теряет своих свойств на всем периоде эксплуатации. Конструкция данных фильтров легко вписывается в конструкцию разрабатываемой системы. Данные фильтры легко смены, что немаловажно при эксплуатации. Данный тип фильтра используется для очистки от пыли наружного и приточного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования зданий, что так же подойдет для использования в разрабатываемой системы. Данный тип фильтров используются в качестве основной ступени очистки (или в качестве второй и третьей ступени в многоуровневых системах очистки).

По результатам работ последний метод показывает наибольшую эффективность и экономичность, поскольку окисление токсичных примесей на поверхности фотокатализатора под действием ультрафиолетового излучения протекает при комнатной температуре. Угольный адсорбер уступает не только необходимостью смены фильтра при заполнении сорбционной емкости, но и меньшим средозащитным спектром. Однако фотокатализатор обнаруживает существенный недостаток — неполное окисление химических веществ с образованием перекисей, например этот недостаток существенно сказывается при использовании его в помещениях, в которых работает оборудование приводящие к образованию аэрозолей СОТС и иных масляных жидкостей [4]. Решение этой проблемы возможно комбинированием обоих методов.

Для повышения эффективности применения предложенной системы необходимо провести ряд исследований, направленных на оптимизацию процесса фильтрации, за счет прогнозирования процесса движения воздушных потоков как чистого, так и загрязненного. Подобные вопросы рассмотрены в работах [5, 7, 8].

Список литературы:

1. Ватин Н.И., Чечевичкин В.Н., Чечевичкин А.В. Особенности сорбционно-каталитической очистки воздуха в помещениях обитания человека в условиях крупных городов // Инженерно-строительный журнал. — 2011. — № 1(19). — С. 24—27.
2. Герасев М.А., Лобиков А.В., Бекетова Е.А. Оценка эффективности методов очистки воздуха жилых помещений // Успехи современного естествознания. — 2012. — № 6. — стр. 179—179.
3. Гошка Л.Л., Качество воздуха в помещении и система индивидуальной безопасности // Инженерно-строительный журнал. — 2010. — № 6(16). — С. 12—16.

4. Мельников П.А., Бобровский Н.М., Попов А.Н., Гусарова Д.В. Особенности образования аэродисперсных систем при использовании СОТС на машиностроительных предприятиях // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 3. — С. 87—91.
5. Мельников П.А., Соболев А.А. Построение математической модели, связывающей аэродинамические характеристики дисперсных систем с процессом их распространения // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 1. — С. 26—28.
6. Мустафаев М.С., Человек и окружающая среда или что такое «Синдром больного здания» и баубиология // Вестник биофизической медицины. — 1994. — № 2. — С. 31—36.
7. Соболев А.А., Мельников П.А., Тютюнник А.О. Движение частиц в воздушном потоке // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 3. — С. 82—86.
8. Соболев А.А., Попов А.Н., Хайрулин Т.В., Тютюнник А.О. Особенности образования аэродинамических систем в процессе формирования и обработки поверхностей деталей машин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 3. — С. 75—81.

РАСЧЁТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ НА ПРИМЕРЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И СЕРЫ

Чернявский Сергей Анатольевич

аспирант НИУ МИЭТ,

РФ, г. Зеленоград

E-mail: spin204@yandex.ru

Каракеян Валерий Иванович

д-р техн. наук, профессор, НИУ МИЭТ,

РФ, г. Зеленоград

E-mail: zelikar@mail.ru

CALCULATION OF THE CONCENTRATIONS SECONDARY POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERE ON THE EXAMPLE NITROGEN AND SULFUR COMPOUNDS

Chernyavskiy Sergey

*postgraduate, National Research University of Electronic Technology,
Russia, Zelenograd*

Valeriy Karakeyan

*doctor of Engineering Science,
National Research University of Electronic Technology,
Russia, Zelenograd*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены численные методы экспериментального вычисления концентраций вторичных загрязнителей атмосферного воздуха. В работе исследуются химические соединения, в состав которых входят азот и сера.

На основе полученных вычислений можно будет сделать вывод о том, насколько большие концентрации вторичных загрязнителей могут присутствовать в атмосфере, и стоит ли на них обращать большое внимание при мониторинге атмосферного воздуха.

ABSTRACT

Article dismantled numerical methods of experimental calculations the concentrations secondary air pollutants. In this paper we study the chemical compounds, which include nitrogen and sulphur.

On the basis of the received calculations we can draw a conclusion about how large concentration of secondary pollutants may be present in the atmosphere, and whether they pay great attention to the monitoring of atmospheric air.

Ключевые слова: первичные загрязнители; вторичные загрязнители; константа равновесия.

Keywords: primary pollutants; secondary pollutants; equilibrium constant.

Численный расчёт химических соединений в атмосфере является одной из самых трудоёмких задач современной экологии. На сегодняшний день существует достаточно мало технических средств, которые бы улавливали подобные вещества и показывали

их концентрацию. Также из-за погодных условий, солнечного света и направления ветра сложно определить, произойдёт ли химическая трансформация или нет.

Рассмотрим химическую реакцию $aA + bB \rightarrow dD + eE$. Для такой реакции установлено, что независимо от того, каковы были начальные концентрации реагентов, присутствовали или нет продукты реакции, в состоянии равновесия сохраняется постоянным соотношение [1]:

$$K_c = \frac{[D]_p^d \cdot [E]_p^e}{[A]_p^a \cdot [B]_p^b},$$

где: $[A]_p$, $[B]_p$, $[D]_p$, $[E]_p$ — равновесные молярные концентрации реагентов и продуктов реакции;

a , b , d , e — стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции;

K_c — константа химического равновесия.

Для равновесий между газообразными веществами удобнее пользоваться парциальными давлениями газообразных веществ

$$K_p = \frac{x_D^d \cdot x_E^e}{x_A^a \cdot x_B^b}, \quad (1)$$

K_p — константа химического равновесия;

x_D^d , x_E^e , x_A^a , x_B^b — мольные доли.

Константа равновесия, выраженная через концентрации, и константа равновесия, выраженная через мольные доли веществ, связаны соотношением

$$K_p = K_c RT \Delta n,$$

где: $R=8,314$ Дж/(моль·К) — универсальная газовая постоянная;

T — абсолютная температура, К;

Δn — разность коэффициентов при формулах газообразных веществ в правой и левой частях уравнения.

Константа равновесия связана с энергией Гиббса образования вещества соотношением:

$$K_p = e^{\frac{-\Delta G}{RT}}, \quad (2)$$

где: ΔG — изменение энергии Гиббса, Дж/моль;

Рассмотрим информацию, полученную в г. Зеленограде со стационарного поста наблюдения № 14 ГУП «Мосэкомониторинг», размещённом в 15-ом микрорайоне. Здесь представлены максимальные разовые концентрации основных газов NO, NO₂, SO₂, O₃.

Таблица 1.

Максимальные разовые концентрации первичных загрязнителей г. Зеленограда, полученные на стационарном маршрутном посту

Первичный загрязнитель	Концентрация (максимальна разовая), полученная на маршрутном посту № 14	ПДК _{м.р.} , г/м ³
NO	0,942	0,0004
NO ₂	0,134	0,0002
SO ₂	0,012	0,0005
O ₃	0,159	0,00016

В таблице представим исследуемые реакции и для каждой реакции вычислим энергию Гиббса.

Таблица 2.

Химические реакции вторичных превращений и их энергия Гиббса

Номер реакции	Химическая реакция	кДж/моль
a	NO ₂ + H ₂ O → HNO ₃ + NO	-25
b	NH ₃ + HNO ₃ → NH ₄ NO ₃	-94
c	SO ₂ + O ₃ → SO ₃ + O ₂	-35
d	SO ₃ + H ₂ O → H ₂ SO ₄	-81

Для реакции (1.1) подробно опишем поиск концентрации вторичного вещества HNO₃ [2].

$$K_p = \frac{x_{HNO_3}^2 \cdot x_{NO}}{x_{NO_2}^3 \cdot x_{H_2O} \cdot P_0},$$

$$x_{HNO_3} = x_{NO_2} \sqrt{\frac{K_p \cdot x_{NO_2} \cdot x_{H_2O}}{x_{NO}}},$$

x_{NO} , x_{NO_2} , x_{H_2O} , x_{HNO_3} — мольные доли;

P_0 — давление, равное 1 атм.;

Мольные доли рассчитываются по формуле:

$$x_b = \frac{n_b}{\sum n_i}, \quad (3)$$

Где: x_b — мольная доля вещества b в растворе;

n_b — количество вещества, содержащееся в растворе (моль);

$\sum n_i$ — количество молей воздуха в 1 м^3 при стандартном атмосферном давлении.

Количество вещества, содержащееся в растворе, рассчитывается по формуле:

$$n_b = \frac{C_b}{M_b}, \quad (4)$$

где: C_b — концентрация вещества в атмосферном воздухе (г);

M_b — количество вещества, содержащееся в растворе (г/моль);

Произведём вычисления концентрации вторичного загрязнителя HNO_3 по формулам (1), (3) и (4).

$$x_{NO_2} = \frac{n_{NO_2}}{\sum n_i}, \quad x_{NO} = \frac{n_{NO}}{\sum n_i}, \quad x_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{\sum n_i}, \quad x_{HNO_3} = \frac{n_{HNO_3}}{\sum n_i};$$

Где

$$n_{NO_2} = \frac{c_{NO_2}}{46}, \quad n_{NO} = \frac{c_{NO}}{30}, \quad n_{H_2O} = \frac{c_{H_2O}}{18}, \quad n_{HNO_3} = \frac{c_{HNO_3}}{63};$$

$$c_{HNO_3} = 63 \cdot n_{HNO_3} = 63 \cdot x_{HNO_3} \cdot \sum n_i = 63 \cdot x_{NO_2} \sqrt{\frac{K_p^{(1.1)} \cdot x_{NO_2} \cdot x_{H_2O}}{x_{NO}}} \sum n_i$$

После всех преобразований, с учётом (2), получаем формулу расчёта концентраций частиц HNO_3 в воздухе:

$$c_{HNO_3} = c_{NO_2} \sqrt{1,123 \cdot \frac{K_p^{(1.1)} \cdot c_{NO_2} \cdot c_{H_2O}}{c_{NO}}}$$

Очевидно, что концентрация вторичного загрязнителя будет зависеть от температуры воздуха. Расчёты для всех реакций, указанных в таблице будем проводить при температуре воздуха $T = 298 \text{ K}$.

$$K_p^{(1.1)} = e^{\frac{25000}{8,31 \cdot 298}} = 2,423 \cdot 10^4$$

$$c_{HNO_3} = 0,134 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{1,123 \cdot \frac{2,423 \cdot 10^4 \cdot 0,134 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,942 \cdot 10^{-3}}} \approx 0,0264 \text{ г/м}^3$$

Подобным образом вычислим концентрации других загрязнителей.

Вычислим концентрацию нитрата аммония в атмосфере, применяя формулы (1)—(4).

$$K_p^{(1.2)} = \frac{x_{NH_4NO_3}}{x_{NH_3} \cdot x_{HNO_3}} \quad x_{NH_4NO_3} = K_p^{(1.2)} \cdot x_{NH_3} \cdot x_{HNO_3}$$

$$c_{NH_4NO_3} = 7,4697 \cdot 10^{-5} K_p^{(1.2)} \cdot c_{NH_3} \cdot c_{HNO_3}$$

$$c_{NH_4NO_3} = 7,4697 \cdot 10^{-5} \cdot 0,0264 \cdot 3,056 \cdot 10^{16} \cdot 0,5 \approx 6,027 \cdot 10^{10} \text{ г/м}^3$$

Вычислим концентрацию серного ангидрида в атмосфере, применяя формулы (1)—(4).

$$K_p^{(1.3)} = \frac{x_{SO_3} \cdot x_{O_2}}{x_{SO_2} \cdot x_{O_3}} \quad x_{SO_3} = \frac{K_p^{(1.3)} \cdot x_{SO_2} \cdot x_{O_3}}{x_{O_2}}$$

$$c_{SO_3} = \frac{0,833 \cdot K_p^{(1.3)} \cdot c_{SO_2} \cdot c_{O_3}}{c_{O_2}}$$

$$c_{SO_3} = \frac{0,833 \cdot 7,276 \cdot 10^{-7} \cdot 0,000012 \cdot 0,000159}{0,23} \approx 9,498 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^3$$

Вычислим концентрацию частиц аэрозоля серной кислоты в атмосфере, применяя формулы (1)—(4).

$$K_p^{(1.4)} = \frac{x_{H_2SO_4}}{x_{SO_3} \cdot x_{H_2O}} \quad x_{H_2SO_4} = K_p^{(1.4)} \cdot x_{SO_3} \cdot x_{H_2O}$$

$$c_{H_2SO_4} = 0,0274 \cdot K_p^{(1.4)} \cdot c_{SO_3} \cdot c_{H_2O}$$

$$c_{H_2SO_4} = 0,0274 \cdot 9,498 \cdot 10^{-3} \cdot 0,000012 \cdot 10 \approx 5,01 \cdot 10^5 \text{ г/м}^3$$

Необходимо провести сравнение полученных результатов с ПДК_{м.р.} всех веществ, которые могут образоваться в атмосфере согласно табл. 3.

Таблица 3.

Сравнение концентраций, полученных численно с ПДК_{м.р.}

Вторичный загрязнитель	Концентрация, полученная численно, г/м ³	ПДК _{м.р.} , г/м ³
HNO ₃	$2,64 \cdot 10^{-2}$	0,0004
NH ₄ NO ₃	$6,027 \cdot 10^{10}$	—
SO ₃	$9,498 \cdot 10^{-3}$	0,0005
H ₂ SO ₄	$5,01 \cdot 10^5$	0,0003

Аналитические расчёты показывают, что при формировании в атмосфере вторичных загрязнителей, их концентрация значительно увеличивается по сравнению с первичными, и значительно превышают ПДК_{м.р.} Это приводит к существенному загрязнению атмосферы и присутствию в ней огромного количества частиц различных аэрозолей, и как следствие, образуется в атмосфере смог.

Список литературы:

1. Буйновский А.С., Безрукова С.А., Лазарчук В.В. Скорость химических реакций и химическое равновесие: Практическое руководство. Северск: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2010. — С. 21—22.
2. Петелин А.Л., Вишнякова К.В., Михалина Е.С. Металлургия техногенного вторичного сырья. Прогноз распространения газовых выбросов: Курс лекций. М.: МИСиС, 2011. — С. 42—43.

УЧЕТ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Шамсумова Юлия Ириковна

*инженер, магистр, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
технологический университет»,
РФ, г. Краснодар
E-mail: pepelever@pisem.net*

Сергей Петрович Шурай

*канд. хим. наук, доцент кафедры «Безопасность
жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
технологический университет»,
РФ, г. Краснодар*

BUILDING MACHINERY NOISE CHARACTERISTICS ACCOUNTING FOR REASONS OF ECOLOGICAL SAFETY OF URBAN AREAS

Yuliya Shamsumova

*engineer, Master's degree student,
FSBEI HPE Kuban State Technological University,
Russia, Krasnodar*

Sergey Shurai

*candidate of chemical sciences, associate professor of the chair of Life Vital
Functions Safety, FSBEI HPE Kuban State Technological University,
Russia, Krasnodar*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является создание электронного банка данных шумовых характеристик строительной техники.

Использовался метод сбора и систематизации литературных данных.

Результатом работы является предложение мероприятий по выходу из сложившейся ситуации.

Вывод от реализации мероприятий позволит существенно улучшить шумовую обстановку в городах.

ABSTRACT

The paper is aimed at development of electronic data bank of building machinery noise characteristics. Methods of literature data gathering and systematization have been used. The result of the research is a list of events for a way out of current situation. The findings of measures implementation will significantly encourage to improve the noise environment in cities.

Ключевые слова: шумовые характеристики; строительная техника.

Keywords: noise characteristics; building machinery.

В современном мире городские поселения развиваются не только как жилой массив, но и как место сосредоточения промышленных, энергетических, транспортных и иных предприятий. Происходит увеличение количества и размеров вновь строящихся и реконструируемых объектов. Такие объекты в виде строительных площадок вносят существенный вклад в загрязнение городов.

Уровень шума на улицах крупного города может достигать 75—80 [10]. При этом проблеме шумового загрязнения уделяется значительное внимание специалистами — экологами и санитарными врачами. Полученные данные [1] свидетельствуют о том, что шум негативно действует на многие системы организма. В первую очередь поражаются органы слуха, центральная нервная система, сердечнососудистая система. Исследования [4] отмечают способность шумового загрязнения усиливать действие других негативных факторов. Так же отмечено негативное воздействие шума на детородную функцию и влияние его на потомство [2]. Таким образом, шум является серьезным стресс-фактором для городского населения.

Специфической особенностью строительных площадок, расположенных в городской среде, является фактически прямое воздействие шума и других загрязнений на население из-за близкого расположения их к жилым зданиям. Можно отметить интересный эффект «пин-понга» в виде многократного отражения и даже усиления звуковых волн от внешних поверхностей многоэтажных зданий, окружающих строительную площадку [9]. Этот эффект затрудняет эффективное рассеивание шума и усиливает его негативное воздействие.

Проблема шумового загрязнения городской среды со стороны строительных площадок актуальна для России. Эта проблема обостряется отсутствием или неэффективностью генеральных планов застройки территории. В России преобладает так называемая «точечная застройка» в населенных пунктах, когда вновь строящиеся здания располагают на любом свободном участке земли, без учета уже существующей застройки, возможностей инженерных сетей и тем более экологических последствий. При разработке проектной документации вопросы экологической безопасности отражаются слабо.

На строительных площадках шумовое загрязнение сопровождается практически все этапы строительства, но наиболее сильно проявляется на этапах земельных и фундаментных работ, возведение наружных стен, монтажа кровли и подведения коммуникаций. Это объясняется использованием на этих этапах мощной строительной техники — бульдозеров, экскаваторов, сваебойных машин (коперы), бетоносмесительных устройств, грузоподъемных механизмов, автомобильной техники. При работе этих машин и механизмов значительная часть из мощности рассеивается в окружающую среду в виде теплового и акустического загрязнения.

Известно, что для инженерной защиты окружающей среды от негативного воздействия широко применяются такие принципы как:

- подавление опасности в источнике её возникновения;
- экранирование или изоляция источника негативного воздействия;
- поглощение негативного воздействия.

Применение первого принципа в условиях строительных площадок существенно ограничивается фактической невозможностью отказаться от мощных строительных машин и механизмов, либо сложностью и длительностью работ по изменению их конструкции для снижения шумового загрязнения. В современной практике нашли применение в основном методы экранирования (изоляция) и шумопоглощения. Как правило, экранированию или изоляции подвергается вся территория строительной площадки или отдельные группы машин и механизмов, расположенных на ограниченной площадке. Используются так же шумопоглощающие экраны и стены с аналогичным расположением [11].

Однако, применение этих принципов и соответствующих устройств существенно затрудняется отсутствием фактических сведений о шумовых характеристиках строительных машин и механизмов. Фирмы-производители строительной и дорожной техники практически не приводят такие характеристики в сопроводительных документах на свою продукцию. Имеющиеся справочные данные [5] не учитывают современное состояние рынка строительной техники, как в отношении техники отечественного производства, так и в отношении зарубежных аналогов.

Получение таких данных путем прямых измерений существенно затрудняется из-за большого ассортимента видов, марок строительной и дорожной техники, выпускаемых различными фирмами. Следует иметь в виду, что шумовые характеристики таких источников существенно изменяются при различных режимах работы, техническом состоянии, зависят от метеоусловий, рельефа местности, плотности застройки, наличие звукоотражающих поверхностей и т. д. Проведение прямых измерений часто сопряжено с наличием опасности для оператора, с ограничением доступа на строительную площадку или несовершенством действующих законов и нормативных актов. Ограничено количество действующих в РФ методик измерения шума вблизи строительных площадок [8]. Результаты проведенных измерений не позволяют зачастую оценить вклад отдельных механизмов или их групп в общую шумовую картину.

Для преодоления этих проблем специалистами-экологами ведется поиск новых инженерных и методических подходов. Так, предлагается использование шумозащитных экранов сложной конфигурации [7], звукопоглощающих кожухов для отдельных механизмов [3]. Также ведутся работы по созданию новых методик измерений [6].

Работы в данном направлении можно было бы существенно облегчить при наличии сведений о шумовых характеристиках строительных машин и оборудования. Считаем, что производители данной техники должны взять пример с производителей техники бытовой, которые уже указывают такие характеристики не только в технической документации, но и в рекламных роликах и проспектах.

Так же считаем перспективным создание электронного банка данных такой информации, оформленного в виде интернет-сайта, где фирмы производители машин и оборудования, коммерческие и государственные организации, осуществляющие замеры шума, размещали бы полученную информацию. Доступ к такой информации на первых этапах мог бы быть ограничен границами профессионального сообщества, а по мере формирования базы данных можно было бы перейти к открытому доступу.

Такой подход обеспечил бы информированность специалистов и населения, способствовал бы правильности и эффективности проведения замеров, снизил бы стоимость и уменьшил сроки проведения работ по контролю уровней шума.

Наличие сведений о шумовых характеристиках оборудования, произведенного конкурентами, будет ориентировать производителей на создание менее шумной техники для лучшего продвижения на рынке и формирования положительного имиджа.

Необходимо продумать реализацию контрольных мероприятий с выездом на реальный объект для учета реального количества и характеристик используемой строительной техники. Это позволит своевременно внести корректировки в разрабатываемый раздел НВОС в проектной документации.

Таким образом, реализация данных мероприятий позволит существенно улучшить шумовую обстановку в городах за счет учета шумовых характеристик оборудования при проектировании и организации строительных работ, сокращения сроков и повышения точности контрольных мероприятий, разработки и внедрения менее шумной строительной техники.

Список литературы:

1. Алексеев С.В., Пивоваров Ю.П., Янушанец О.И. Экология человека: Учебник. М.: Икар, 2002. — 707 с.
2. Андреева-Галанина Е.Ц. Шум и шумовая болезнь. Медицина, 1972. — 302 с.
3. Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а так же студентов строительных вузов, факультетов и техникумов./ Белецкий Б.Ф., Булгаков И.Г. Изд. второе, переработ. и дополн. Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 608 с. — (Строительство).
4. Воскоњьян В.Г, Воскоњьян А.В. Берегите тишину. Успехи современного естествознания, — 2007, — № 6. — С. 45—48.
5. ГОСТ 27296-87. Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий. Методы измерения / Госстрой СССР. М., 1987.
6. ГОСТ Р 53695-2009. Метод определения шумовых характеристик строительных площадок/ Стандартиформ. М., 2010.
7. Калиниченко М.В. Разработка шумозащитных мероприятий (на примере города Муром)/ Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, — 2012, — № 1. — С. 19—22.
8. Каталог источников шума и средств защиты. ДООАО Газпроект-инжиниринг/Воронеж, 2004. — 177 с.
9. Овсянников С.Н., Овсянников М.С. Автоматизированный расчет и построение цифровых карт акустического загрязнения примагистральных территорий городов/ Вестник ТГАСУ — 2011, — № 3. — С. 108—115.
10. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.livekuban.ru>, «В Анапе организовали рейды по контролю уровня шума», (дата обращения: 25.11.2013).
11. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://geogab.ru>, (дата обращения: 17.11.2013).

Научное издание

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам
XXIX международной научно-практической конференции

№ 12 (25)
Декабрь 2013 г.

Подписано в печать 30.12.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3