

Sentence

NP + VP

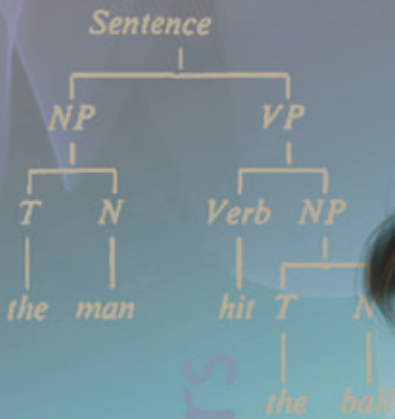
МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

научный журнал

Syntactic Structures



Systems of Syntactic Analysis

Certain Formal

s of Grammars

transformation T_{Adj} :

of S_1 : $T - N - is - A$
of S_2 : same as 24

$X_1 - X_2 - X_3 - X_4; X_5 -$

$X_5 - X_1 + X_4 + X_3$

ence -

$M \rightarrow T + N$

$VP \rightarrow Verb + NP$

Three models for

description of language

$Verb \rightarrow hit, took, etc.$

In this possibly terminal phase of human existence, democracy and freedom are more than just ideals to be valued - they may be essential to survival.

All over the place, from the popular culture to the propaganda system, there is constant pressure to make people feel that they are helpless, that the only role they can have is to ratify decisions and to consume.

If we don't believe in freedom of expression for people we despise we don't believe in it at all.

Everybody's worried about stopping terrorism. Well, there's a really easy way: stop participating in it.

Education must provide the opportunities for self-fulfillment at best provide a rich and challenging environment for the child to explore, in his own way.

24
2015
Часть II

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 24 (104) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.01.2015. Цена свободная.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Аврам Ноам Хомский (род. 1928 г.) — американский лингвист, политический публицист, философ и теоретик, автор классификации формальных языков.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Дьячковская Л. Н.

Анализ барботажного перемешивающего устройства и его использования в биогазовом реакторе 121

Жирнов А. Б., Груздов В. Н.

Применение мультироторных летательных аппаратов в оценке лесосырьевой базы 124

Закиров Е. А., Малёв М. В., Поезжаева Е. В.

Оснащение робота-муравья специальными датчиками для увеличения его функциональности 127

Закиров Е. А., Малёв М. В., Поезжаева Е. В.

Робот для ликвидации взрывчатых устройств 129

Зотов А. В.

Влияние параметров процесса плакирования проволочным инструментом на уровень адгезионного сцепления 131

Иванов К. Ю.

Оптимизация производства работ при устройстве буронабивных свай в зимний период строительства в Санкт-Петербурге 134

Карагодина А. Н., Кашманов Р. Я.

Внедрение линейной диспетчеризации с целью повышения качества перевозочного процесса пассажиров 138

Каримов А. А., Мукольянц А. А., Жамилов А. Ф., Маликова Н. А.

Некоторые аспекты изучения двухфазного фонтанирующего слоя в аппарате конической формы 141

Корнев С. А.

Применение оптимального материала теплоизоляции для повышения энергоэффективности тепловой сети 145

Корнеева В. Р.

Использование гибридной силовой установки в мультикоптерах 146

Лакота О. Б., Елихин А. С.

Совершенствование рудничного электровозного транспорта на базе автоматизации 149

Майстренко И. О.

Определение структуры затрат рабочего времени в монолитных работах 151

Марашан М. В., Голубев А. Г.

Экранный эффект: разработка экспериментальной методики определения аэродинамических характеристик моделей с учетом влияния экрана 157

Недвиг Е. С., Соловьева К. И., Киселев С. С.

Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия 160

Офрим А. В., Черепанов К. В., Хижняков П. В.

Применение методов неразрушающего контроля при диагностике металлоконструкций подъемных сооружений 163

Паноев А. Т.

Современные энергосберегающие установки для обработки жидкостей 165

Паноев А. Т.

Технология повышения энергоэффективности электрических сетей 166

Поезжаева Е. В., Иванов Н. К., Шаякбаров И. Э.
Роботизирование сельского хозяйства 168

Поезжаева Е. В., Сергеев А. А., Мисюров М. Н.
Разработка конструкции робота для безопасного исследования шахт и рудников 171

Поезжаева Е. В., Федотов А. Г., Заглядов П. В.
Применение систем технического зрения в диагностике автомобилей при эксплуатации 174

Поезжаева Е. В., Федотов А. Г., Заглядов П. В.
Конструирование механизмов малых перемещений с кинематической избыточностью и управление ими 178

Попкова О. С., Медведева П. В., Шаймухаметова А. Ш., Шаймухаметов М. И. Определение параметров горячей капли при ее взаимодействии с акустическим потоком газа в трубке	181	Серов И. М., Зубков А. В., Паршиков С. В. Специфика и проблемы обследования промышленных зданий и сооружений	210
Санников С. Р. Робот для нанесения бетона на внутренние поверхности конструкции	185	Сигайлов М. В., Матвеевцев В. Е., Шувакин А. Е. Современные проблемы обеспечения безопасной эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления	214
Санников С. Р. Перспективные модели рабочих органов роботов	187	Солодков С. А., Корнев С. А. Оптимизация схем газораспределительных систем	216
Санников С. Р. Калибровка роботов	189	Суллиев М. А., Каршиева Н. Х., Ташматов Х. К., Маматкулов Д. А., Мукольянц А. А. Solutions of problems by large-scale use of renewable energy sources in Uzbekistan and the difficulties of their practical application	218
Сексенбаев К., Султанова Б. К., Кисина М. К. Информационные технологии в развитии современного информационного общества ...	191	Султанова Б. К., Кабылова Д. А. Многоуровневый подход к тестированию мобильных приложений	221
Серов И. М., Зубков А. В., Паршиков С. В., Коробов А. В., Кафтанов А. А. Особенности эксплуатации и диагностирования динамического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Часть 2. Компрессорное оборудование	194	Толлеугали Н. Д. Оценка технологий возведения арматурных каркасов высотных монолитных конструкций	223
Серов И. М., Зубков А. В., Паршиков С. В., Коробов А. В. Особенности эксплуатации и диагностирования динамического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Часть 1. Насосное оборудование	199	Файзиев М. М., Мавлонов Б. Б., Норбоев А. Э. Нагрузочный режим ферромагнитно-тиристорного стабилизатора напряжения	227
Серов И. М., Зубков А. В., Паршиков С. В. Выявление причин возникновения силовых трещин осадочного характера в кирпичной кладке стены здания, построенного в две очереди, при проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений	203	Файзиев М. М., Маматкулов А. Н., Каримов И. Н. Стабилизатор напряжения на базе магнитного усилителя с применением тиристорных элементов в цепи управления	229
Серов И. М., Зубков А. В., Паршиков С. В. Оценка фактического состояния и определение возможной динамики развития прогибов и кренов несущих конструкций технологической эстакады	207	Файзиев М. М., Хушмуродов А. Р., Курбонов Н. А., Ниматов К. Б. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях 0,4кВ	231
		Чудинов В. А. Исследование роботизированной обработки инструментом с абразивным покрытием	234
		Шафеев Д. Е., Олейникова А. В., Когай Г. Д. Квантовые компьютеры: надежды и реальность	236

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анализ барботажного перемешивающего устройства и его использования в биогазовом реакторе

Дьячковская Любовь Николаевна, аспирант
 Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления


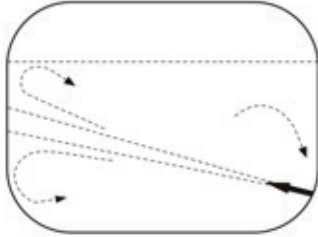
Существуют устройства, для того чтобы перемешивать различные жидкости. Они имеют разные виды перемешивающих устройств и имеют разные методы перемешивания. Их используют для получения субстратов, растворов, дисперсных систем или для интенсификации процессов химического состава.

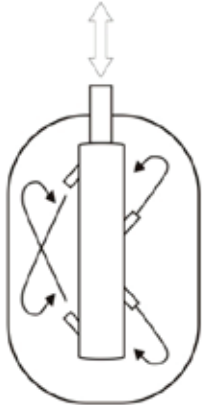
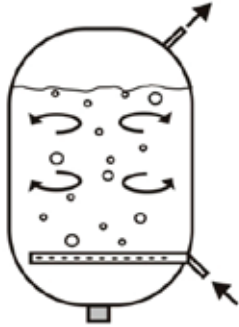
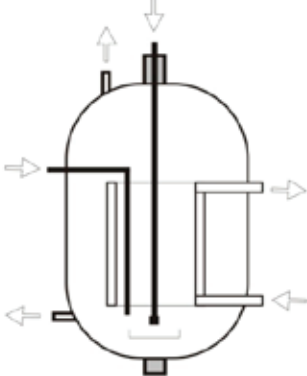
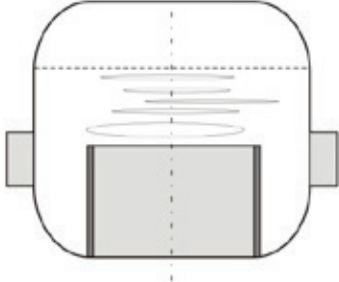
Перемешивающее устройство — это устройство для перемешивания жидких неоднородных сред. Пере-

мешивающее устройство бывает: механическим, циркуляционным, струйным, пульсационно-струйным, барботажным, газлифтным, электромагнитным, магнитно-вихревым, электроприводным, экранированным, гидроприводным, пневмоприводным, вибрационным и тд [1].

В (Таблице 1) показан схематичный рисунок и определение некоторых перемешивающих устройств [1].

Таблица 1. Виды перемешивающих устройств

№	Перемешивающие устройства	Определение	Схема устройства
1.	Механическое	Устройство, создающее движение жидкой среды посредством механического воздействия	
2.	Струйное	Устройство, создающее движение жидкой среды посредством затопленной струи, вытекающей из сопла	

3.	Пульсационно-струйное	Струйное перемешивающее устройство с пульсирующей струей	
4.	Барботажное	Устройство, создающее движение жидкой среды посредством барботируемого потока дисперсной газовой фазы	
5.	Газлифтное	Устройство, создающее движение жидкой среды по замкнутому контуру посредством барботируемого потока дисперсной газовой фазы	
6.	Электромагнитное	Устройство, создающее движение жидкой среды посредством электромагнитного поля	

В отечественной и зарубежной практике все большее применение находят системы энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий с использованием альтернативного источника энергии — биогаза. Биогаз образуется в результате анаэробной ферментации органических веществ, при этом происходит переработка отходов и получение вы-

сокоэффективных биоудобрений, что также решает экологические и агробиологические проблемы сельскохозяйственных предприятий. Для производства биогаза широкое применение получили биореакторы с механическими системами перемешивания. Также применяют биореакторы с системой перемешивания барботажного типа [3].

Пример схемы работы механического перемешивающего устройства и барботажного перемешивающего устройства показан на (Рисунке 1).

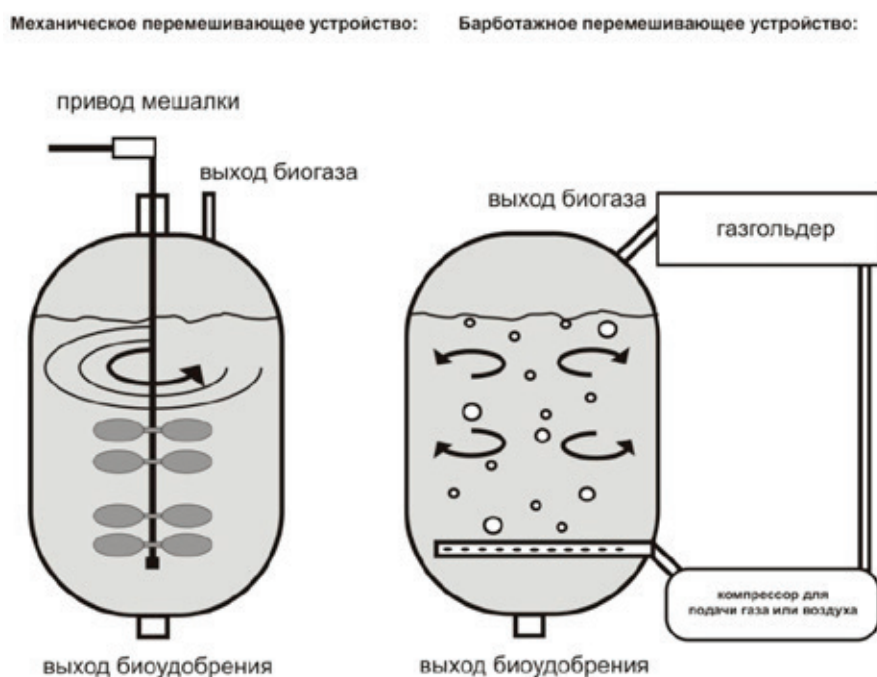


Рис. 1. Схема механического перемешивающего устройства и барботажного перемешивающего устройства

Систему барботажного перемешивания в биореакторе, обычно используют для ускоренной анаэробной переработки органических отходов животноводства, что позволяет интенсифицировать процесс сбраживания за счет сведения к минимуму температурной неоднородности и отвода ингибирующих продуктов жизнедеятельности бактерий. Существует методика инженерного расчета, которая позволяет определять конструктивные и технологические параметры биореактора с барботажным перемешиванием при проектировании технологии анаэробной переработки. Использование барботажного перемешивания, исключая движущие конструктивные части, позволяет свести к минимуму недостатки, которые встречаются при механическом перемешивании, а также комплексно оптимизировать температурный режим и микробиологию среды в биореакторе. Также имеется закономерность движения газового пузырька в субстрате, распространение теплоты, ингибирующих про-

цессов и тепловой баланс биореактора с системой барботажного перемешивания. При всплытии биогазовый пузырек встречает сопротивление, в результате чего возникает возмущение в жидкости. Максимальная скорость возмущения потока будет находиться на поверхности биогазового пузырька, и уменьшаться по мере удаления от его центра. При всплытии биогазовые пузырьки передают движение субстрату, таким образом, перемешивается субстрат [2].

Таким образом, анализ барботажного перемешивающего устройства и его использование в биогазовом реакторе выявил, что интенсификация процесса перемешивания барботажного перемешивающего устройства позволяет поддерживать равномерную температуру и в полном объеме перемешивать субстрат внутри биореактора. Также, позволяет увеличить выход биогаза, повысить интенсивность, стабильность и полноту биохимических процессов в биореакторе.

Литература:

1. Государственный стандарт Союза СССР, Устройства, перемешивающие для жидких неоднородных сред термины и определения ГОСТ 22577–77. Государственный комитет стандартов совета министров СССР, Москва.
2. Костромин, Д. В., Анаэробная переработка органических отходов животноводства в биореакторе с барботажным перемешиванием. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва — 2010. Стр.5, 8.
3. Сулов, Д. Ю., Получение биогаза в биореакторе с барботажным перемешиванием. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Иваново 2013. Стр. 3.

Применение мультироторных летательных аппаратов в оценке лесосырьевой базы

Жирнов Александр Борисович, доктор технических наук, профессор;

Груздов Владимир Николаевич, аспирант

Дальневосточный государственный аграрный университет

Рассмотрены вопросы использования беспилотных летательных аппаратов при оценке лесосырьевой базы лесозаготовительных предприятий.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; коптер; дистанционное зондирование лесов; лесосырьевая база; дешифрование, видеосъемки.

Для оценки применимости роторных мультироторных летательных аппаратов были поставлены следующие задачи исследований.

1. Обосновать участок лесосырьевой базы и провести экспериментальные исследования на данном участке, пород деревьев по геометрическим параметрам.

2. Обосновать использование мультироторных летательных аппаратов для видеосъёмки лесосырьевой базы и провести видеосъёмку исследуемого участка лесосырьевой базы

На сегодняшний день новейшим направлением в оценке лесосырьевой базы является использование беспилотной авиации. Беспилотные технологии существуют довольно давно. Сначала они представляли собой сложные дорогостоящие комплексы, имеющие только военное применение. Но в течение последнего десятилетия миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), у которых габариты, масса, а главное, стоимость значительно меньше прежних. По доступности беспилотные технологии приблизились к уровню бытовых технологий. Прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировалась новая индустрия услуг. Достаточно новым типом БПЛА являются мультироторные летательные аппараты (коптеры) [1].

Мультироторные летательные аппараты — квадрокоптеры, гексакоптеры, октокоптеры и трикоптеры — отдельный вид летательных аппаратов, относящихся к классу летающих платформ. Устройства этого класса чаще всего используются для переноса фото, видео и другого оборудования, которое эффективно использовать на высоте.

Преимуществом данных летательных аппаратов является отсутствие механических частей в роторах, что сильно снижает уровень вибрации, а также наличие платы управления, основной функцией которой является стабилизация платформы в горизонтальном положении. Подключение к плате управления дополнительных датчиков и устройств позволяет также фиксировать положение аппарата по высоте, а наличие комплекта GPS дает возможность привязать аппарат к любой точке в пространстве, направить полет по проложенному ранее маршруту или дать команду на автоматический возврат к точке взлета.

Коптеры состоят из рамы, платы управления, регуляторов бесколлекторных моторов, бесколлекторных моторов. Тип квадрокоптера зависит от количества моторов: 4 мотора — квадрокоптер (рис. 1); 6 моторов — гексакоптер; 8 моторов — октокоптер; 3 мотора — трикоптер. Также бывают и редкие виды двухмоторный бикоптер или одномоторный — монокоптер.

Задачей исследований являлось выявить возможности применения мультироторных летательных аппаратов



Рис. 1. Квадрокоптер DJI Phantom 3 Advanced с пультом управления

и определить наиболее эффективный способ сбора таксационных данных лесосырьевой базы с минимальными временными и материальными затратами.

Было выявлено, что использование коптеров в лесозаготовительном производстве позволяет получать данные о лесном участке дистанционно в реальном времени. Благодаря высокому качеству аэрофотоснимков можно определять классы бонитета, породный состав, запас насаждений и их полноту, среднюю высоту древостоя и таксационные характеристики отдельных единиц. [2,3]

Благодаря современному цифровому оборудованию появилась возможность производить как перспективную, так и плановую съемку объектов одним аппаратом, дистанционно регулируя угол наклона камеры.

Перспективная видеосъемка производится аппаратом, оптическая ось которого отклонена от нормали на значительный угол, обычно 30–60%.

Преимущества этого вида съемки в том, что получаемое изображение местности более естественно и легче

для восприятия. Кроме того, одним снимком охватывается большая площадь по сравнению со снимком плановым.

Плановая видеосъемка производится так, чтобы оптическая ось аппарата занимала отвесное положение при съемке. Величина отклонения оптической оси от нормали не более 30, обычно не более 1,50 [4]. На рисунках № 2, № 3, № 4 представлены фрагменты видеосъемки для оценки лесосырьевой базы. Предварительные исследования показали возможность определения сомкнутости, породного состава, полноту насаждений при плановой съемки. (рис. 2). Наличие подроста, подлеска, высоту и диаметр деревьев хорошо определяется на рисунке 4 (Фронтальная видеосъемка)

Проективное покрытие, границы смыкания породного состава, тип насаждения и формы насаждений отчетливо наблюдаются на фрагменте видеосъемки (рис. 3).

Фронтальная видео насаждений съёмка позволяет оценить высоту, диаметр, тип насаждений и форму (рис. 4).



Рис. 2. Плановая маловысотная видеосъемка лесосырьевой базы



Рис. 3. Перспективная маловысотная видеосъемка лесосырьевой базы



Рис. 4. Фронтальная с видеосъемка лесосырьевой базы

При наземных экспериментальных исследованиях геометрических размеров деревьев трех пород (осина, береза, сосна) с помощью математической обработки в программе ECSELL с высокой точностью установлена полиномиальная зависимость между высотой и диаметром исследуемых пород. Между высотой и диаметром деревьев для осины получена полиномиальная экспериментальная зависимость $Y = -0,0097x^2 + 0,6404x + 7,782$, при коэффициенте $R^2 = 0,79$ (коэффициент аппроксимации). Для березы, при $R^2 = 0,93$, полином экспериментального уравнения зависимости составил $y = 0,0224x^2 + 1,5213x - 5,6631$. Для сосны при $R^2 = 0,9321$, $y = 0,0303x^2 + 1,6349x - 4,5708$. Полученные математические зависимости позволяют составить математическую модель распределения лесосырьевой базы и сравнить с распределением геометрических размеров пород деревьев полученных в результате видеосъемки.

Заключение

Системы дистанционного зондирования играют важнейшую роль в геологии, так как они помогают вести мониторинг в развитии Земли, а так же решать важнейшие геологические, экологические поставленные задачи. Материалы дистанционного зондирования облегчают построение лесозаготовительных карт, являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных. Важнейшей характеристикой дистанционных методов является быстрота получения видеосъемок лесосырьевой базы, высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности. В настоящее время дистанционные методы, в виде применения видеосъемок с помощью коптеров позволяют получить визуальный анализ и интерпретации снимков, которые позволяют эффективно оценивать лесосырьевую базу для лесопромышленных предприятий [5].

Литература:

1. Вводная информация о коптерах (мультироторных платформах) [электронный ресурс] — режим доступа: <http://forum.brothers-blog.com/index.php?topic=13.msg112#msg112>
2. Аэрофотосъемка в лесном хозяйстве [электронный ресурс] — режим доступа: http://съемкасвоздуха.рф/onas/index.php?Option=com_content&view=article&id=78&Itemid=162
3. Дешифрование таксационных показателей насаждений [электронный ресурс] — режим доступа: <http://industrial-wood.ru/aerofotosemka>
4. Сергеев, П. Н. Лесная таксация: Учебное пособие. М.: Изд-во Гослесбумиздат, Москва, 1953 — стр. 248–251.
5. А. А. Воробьева. Дистанционное зондирование. Методическое пособие — Санкт-Петербург: ИТМО, 2012. — 23с.

Оснащение робота-муравья специальными датчиками для увеличения его функциональности

Закиров Евгений Аликович, студент;

Малёв Максим Валерьевич, студент

Научный руководитель: Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Для современного мира стала необходимостью в роботах способных действовать сообща и выполнять сложные задачи, такую необходимость может разрешить робот, имитирующий муравья.

Ключевые слова: робот, траектория, датчик.

Equipping a robotic ant with special sensors to increase its functionality.

Zakirov Evgeniy Alikovich;

Malev Maxim Valerievich;

Poezhaeva Elena Vyacheslavovna

For modern world has become a necessity for robots capable of acting in concert to perform complex tasks, such a need can allow the robot imitates an ant.

Keywords: The robot, trajectory, sensor.

Робототехника в мире шагает с очень большой скоростью и дошла до того что в мире можно встретить робота, выполняющего любые манипуляции. Но для того чтобы шагнуть еще дальше нужно чтобы несколько роботов работали совместно над одним и тем же делом. Представляем вашему вниманию роботов-муравьев, эти роботы предназначены для того что работать в команде, как и настоящие муравьи. Данные роботы могут выполнять коллективную работу для решения сложных задач, а также при необходимости работать автономно. Роботы-муравьи подают сигналы друг, тем самым координируя свои действия и движения.

Что касается конструкции, то тело робота имитирующего муравья изготовлено из полимера. Внутри тела находятся все компоненты для функционирования робота-муравья (датчики, процессор, приводы). Токоведущие дорожки, расположенные вне тела функциональны.

Голова робота состоит из корпуса представляющего пространственный механизм, стереокамер, усов-антенн которые являются контактами для зарядки аккумулятора. Ноги и челюсти двигаются и приводятся в движение с помощью пьезокерамических актуаторов, которые очень надежны, и не требуют много места для размещения. Определяет свое местоположение робот (рис. 1) с помощью оптического датчика расположенного под полимерным корпусом, который взаимодействует со стереокамерами.

Проблема планирования траектории движения роботами является достаточно сложной и обычно включает 2 задачи оптимизации. Первый этап планирование траектории движения; второй — управление или слежение за траекторией. Ставятся и обсуждаются вопросы, свя-

занные с реализацией обоих этапов. Особое внимание уделено задаче планирования траектории «минимальной стоимости», которая состоит в минимизации функционала, описывающего нелинейные динамические свойства и содержащего параметрическое описание требуемой траектории перемещения от начальной к конечной точке пространства с учетом сило-моментных ограничений. Предлагается новый способ планирования, использующий методы динамического программирования (ДП) для определения положений, скоростей, ускорений и моментов МР, обеспечивающих минимальную «стоимость» оценочной функции. Разработанный метод ДП справедлив для случаев, когда: 1) ограничения на момент одного двигателя зависят от моментных ограничений на другие двигатели, что связано с общим энергетическим источником для всех приводов; 2) заданы требования на ограничение производных от ускорений; 3) оценочная функция стоимости траектории может иметь произвольную форму. Показано, что решение на основе метода ДП сходится к действительно минимальной по стоимости траектории при уменьшении размерной масштабной сетки, т.е. при увеличении дискретности вычислений.

В тоже время ставится и решается задача отслеживания заданной траектории движения робота-муравья в пространстве при ограниченных допустимых входных моментах. В качестве математического аппарата, обеспечивающего формирование требуемого движения используется так называемая «стратегия оптимального решения»; выведен закон оптимального управления, который в каждый момент времени минимизирует отклонение фактического вектора ускорений звеньев от

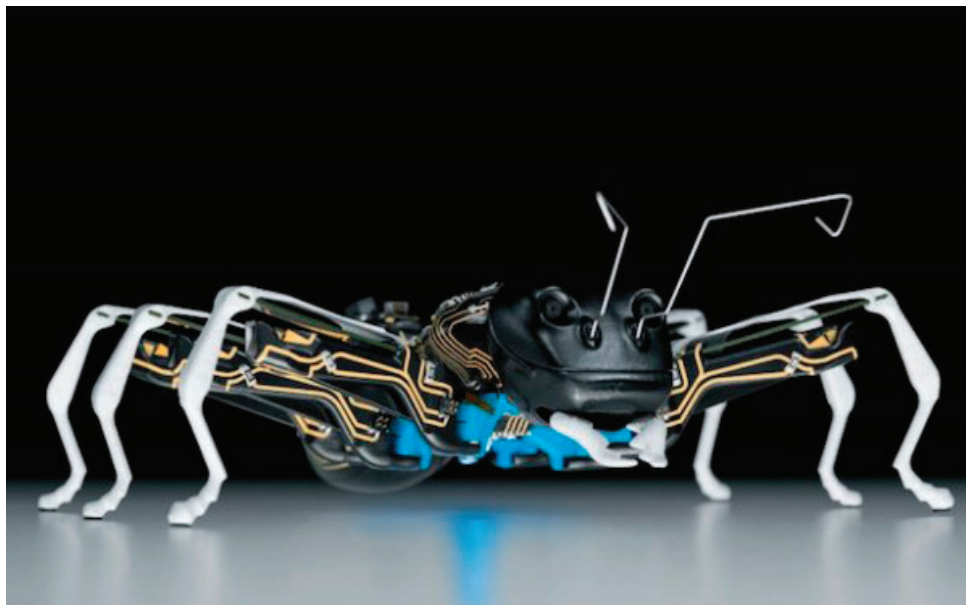


Рис. 1. Робот, имитирующий муравья

желаемого, соответствующего заданным входным моментом ограничениям. Результатом решения задачи оптимального управления является синтезирование системы управления приводами с линейной обратной связью, обеспечивающей отслеживание траектории при ограничениях входного сигнала. Отмечается, что полученная схема оптимизации моментов на степенях включена в любую из имеющихся систем управления при необходимости учета входных ограничений. Предложенный подход проверен при моделировании 3-звенного манипулятора с использованием программы нелинейного моделирования. Представлены результаты работы «стратегии оптимального решения», алгоритм которой был реализован на 64-бит процессоре. Параметры манипулятора вычислялись по уравнениям Лагранжа; все вычисления выполнялись в целочисленной арифметике, использовалось разложение тригонометрических функций в ряд Тейлора с пятью членами, что обеспечило требуемую точность.

Для лучшей ориентации в пространстве робота можно оснастить его оптоэлектронными датчиками, с помощью которых из электромагнитных колебаний (в области от УФ до ИК-излучений) получают электронные сигналы, пригодные для задач измерения или управления робота. Оптоэлектронные датчики подразделяются на датчики

дальнего действия и датчики, предназначенные для обнаружения приближающихся предметов. Датчики последнего типа получили широкое распространение в инженерной практике. В простейшем случае такой датчик состоит из источника излучения и фотоприемника. При нарушении светопередачи датчик выдает один уровень сигнала, при полном освещении — другой. Для повышения чувствительности датчики усложняют — для увеличения мощности излучения используют отражатели и оптические линзы для фокусирования луча. Применение оптических систем различных схем и конструкций позволяет усилить световой поток, доходящий до фотоприемника, в $10^1 \div 10^4$ раз. Элементарные фотодатчики могут объединяться в комплексные датчики, насчитывающие множество фотоприемников, источников света и линз. В качестве фотоприемников могут применяться фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, источником освещения служат светодиоды, лазерный луч.

Таким образом, снабдив роботов-муравьев данными системами, получаем роботов, которые способны совместно работать, их можно использовать как ищущих пострадавших от землетрясения или теракта в руинах зданий, массово опылять сельскохозяйственные культуры, уничтожать вредителей, выполнять мониторинг окружающей среды.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учебное пособие в 3 ч. — М.; УМО АМ МВТУ им. Баумана; изд-во ПГТУ, 2009.
2. <http://ria.ru/science/20130520/938437849.html>

Робот для ликвидации взрывчатых устройств

Закиров Евгений Аликович, студент;

Малёв Максим Валерьевич, студент

Научный руководитель: Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В современном мире важным вопросом выступает безопасность и защита людей. Самым главным является защитить население от терактов. Такие преступления недопустимы, поэтому создан робот, предназначенный для выявления и уничтожения взрывчатых устройств.

Ключевые слова: *робот, манипулятор, степень подвижности, линеаризованная модель, динамические параметры.*

Zakirov Evgeniy Alikovich;

Malev Maxim Valerievich;

Poezhaeva Elena Vyacheslavovna

In today's world, an important issue in favor the safety and security of people. The most important is to protect the population from attacks. These crimes are not acceptable, therefore, created a robot designed to detect and destroy explosive devices.

Keywords: *robot, the mobility, the linearized model, the dynamic parameters.*

Задачи по созданию мобильных роботов, способных выявлять и уничтожать взрывчатые устройства имеет успех за рубежом. В Европейских странах имеется большой опыт ведения антитеррористической борьбы. В России подобный опыт не так велик. Но в последнее время в нашей стране высокий риск терактов, поэтому мы создали робота который справится с обнаружением и ликвидацией взрывчатых устройств.

Основным назначением мобильного робота является визуальная, а также акустическая разведка местности, зданий, машин, труднодоступных мест, выявление и лик-

видация взрывчатого устройства. Малогабаритный робот оснащается быстросъемным рабочим оборудованием.

В робота включены сенсоры, манипулятор, пульт управления, колесная платформа, разрушитель взрывчатых устройств. Робот оснащается трехосной полноприводной платформой. Машина может передвигаться по слабопересеченной местности, преодолевать водные преграды и препятствия. Манипулятор обладает несколькими степенями свободы и включает в себя механизмы гидродинамического разрушителя взрывчатого устройства и наведения видеокамеры. Обследователь труднодо-



Рис.1. Малогабаритный робот с многофункциональным назначением

ступные места, находить и уничтожать объекты позволяет выдвигая телескопическая штанга.

Уничтожение взрывчатого устройства производится с помощью гидродинамического выстрела, который превышает скорость детонирования, что позволяет избежать взрыва. Также робот имеет специальный контейнер, в который можно сбросить взрывчатое устройство, отвезти на безопасное расстояние и произвести подрыв.

Робот может зарекомендовать себя в реальных условиях эксплуатации, решает задачи, связанные с обнаружением и ликвидацией взрывчатых устройств. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции, для которой разрабатывалась динамика является маневренность при его эксплуатации.

Вывод уравнений динамики робота со многими степенями подвижности представляет собой сложную трудоемкую задачу. В связи с этим, а также с целью исключения ошибок вычисления разработаны программные системы, осуществляющие построение динамической модели робота в символьном виде. Рассматривается процедура автоматизированного вывода линеаризованных уравнений динамики робота в форме уравнений Лагранжа и одновременно исследуется чувствительность движения манипулятора к изменению его параметров.

Динамическими параметрами манипулятора являются матрицы псевдоинерции звена, вектор центра масс звена и масса звена. Вектор сил тяжести в координатной системе основания робота означает $g = [g_x g_y g_z 0]^T$

Рассмотрим разложение первого порядка уравнений динамики относительно номинальной траектории ($q^0, \dot{q}^0, \ddot{q}^0$). Линеаризованная динамическая модель робота имеет вид

$$D^0 \delta \ddot{q} + 2S_v^0 \delta \dot{q} + \{S_D^0 + S_C^0 + S_G^0\} \delta q = \delta F(t) \quad (1)$$

Поскольку силы инерции связаны с ускорением в степенях подвижности линейной зависимостью, свойства матрицы чувствительности D^0 совпадают со свойствами матрицы инерционных коэффициентов $D(q)$. Матрица D^0 является положительно определенной и неособенной.

По произведенным оценкам формирование полной линеаризованной динамической модели наиболее распространенных типов манипулятора требует в несколько раз больше затрат машинного времени по сравнению с выводом динамической модели робота в символьном виде.

Рассматриваем свойства и функциональные зависимости матриц чувствительности. Все элементы матрицы чувствительности являются функциями номинальных значений всех обобщенных координат и не зависят от номинальных скоростей и ускорений.

Линеаризованная модель (1) может быть представлена в виде системы $2N$ уравнений в пространстве состояний

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & -[D^0] - 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ [S_D^0 + S_C^0 + S_G^0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta q \\ \delta \dot{q} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ [D^0] - 1 \end{bmatrix} \delta F(t) \quad (2)$$

$$\text{или } \delta \dot{x} = A(t) \delta x(t) + B(t) \delta u(t) \quad (3)$$

Здесь $2N$ переменных состояния δx линеаризованной модели включают δx линеаризованной модели включают N отклонений δq и N скоростей $\delta \dot{q}$. Матрицы A и B изменяются во времени, поскольку матрицы чувствительности определяются на изменяющейся во времени номинальной траектории.

Функции чувствительности характеризуют отклонение относительно номинальной траектории обобщенных координат и их скоростей при вариациях существенных параметров манипулятора.

Входные сигналы определяются выражением

$$D^0 \ddot{\sigma} + 2S_v^0 \dot{\sigma} + \{S_D^0 + S_C^0 + S_G^0\} \sigma = u(t) \quad (4)$$

где $\sigma = [\sigma_j]$ — вектор чувствительности обобщенных координат; $\dot{\sigma} = [\dot{\sigma}_j]$ — вектор чувствительности скорости; $u(t)$ — вектор входного сигнала.

Подавая сигнал на вход системы с нулевыми начальными условиями, можно получить изменение функции чувствительности на номинальной траектории.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки влияния вариации массы объекта манипулирования на движение манипулятора. Пусть J_{NP} и J_{NE} — соответственно матрицы псевдоинерции нагрузки и рабочего органа. Тогда матрица псевдоинерции N -го звена равна

$$J_N = J_{NP} + J_{NE} \quad (5)$$

Элементы матрицы J_{NP} могут изменяться при работе с разными объектами либо при вариациях захвата одноподобных объектов.

$$\frac{\partial G_i}{\partial m_{NP}} = -g^{T0} U_{Ni} \bar{r}_{NP} \quad (6)$$

Данное уравнение представляет собой входной сигнал $u_{i(t)}$ для модели чувствительности. Подавая этот сигнал на вход линеаризованной динамической модели можно найти чувствительность траектории к изменению массы объекта манипулирования.

Описанные выше процедуры включены в состав программной системы Agm , позволяющей формировать в символьном виде описание динамики манипуляционных роботов и проводить исследования в машинных экспериментах.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учебное пособие в 3 ч. — М.: УМО АМ МВТУ им. Баумана; изд-во ПГТУ, 2009.
2. <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=655956>

Влияние параметров процесса плакирования проволочным инструментом на уровень адгезионного сцепления

Зотов Алексей Викторович, старший преподаватель
Тольяттинский государственный университет

Приведен алгоритм расчета коэффициента относительной прочности сцепления частиц покрытия с обрабатываемым изделием. Рассмотрено влияние параметров проволочного инструмента, режимов плакирования, температуры основы обрабатываемого изделия на температуру в контакте инструмента с деталью и коэффициент относительной прочности сцепления.

Ключевые слова: проволочный инструмент, плакирование, адгезия.

Формирование поверхностных слоев с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик методом плакирования проволочным инструментом, в настоящее время, приобретает всё большую популярность. Нанесение покрытий подобным образом применяют при обработке металлопродукции [1,2], деталей технологического оборудования [3–5] и инструмента [6].

При этом важно, впрочем, как и при любом способе нанесения покрытий, правильно оценивать уровень адгезионного сцепления наносимого материала с основой обрабатываемого изделия.

За индикатор примем коэффициент относительной прочности сцепления частиц в результате протекания химической реакции в контакте с учетом энергии механической активации [7]:

$$K_{\sigma m} = 1 - \exp \left[-vt_0 / \left(K_{em} \cdot \exp \left(\frac{E_a}{k_B \theta_k} \right) \right) \right] \geq 0,7,$$

где v — частота собственных колебаний атомов, c^{-1} ; t_0 — время физико-химического взаимодействия частицы с основой, мин; K_{em} — коэффициент механической активации; E_a — энергия термической активации, Дж; k_B — постоянная Больцмана; θ_k — температура контакта, измеренная по абсолютной шкале, К.

Температуру контакта частицы с основой во время их взаимодействия определим по зависимости [5]:

$$\theta_k = \theta_0 + \frac{K_{et} [n_c \theta_{пл} - \theta_0]}{K_L \cdot \frac{e^{-\alpha^2}}{\alpha}},$$

где θ_0 — температура основы, °С; K_{et} — критерий тепловой активности материала покрытия по отношению к материалу основы; n_c — коэффициент остывания материала покрытия при переносе его к изделию; $\theta_{пл}$ — температура плавления материала покрытия, °С; K_L — критерий, оценивающий теплоту плавления L материала покрытия; α — коэффициент, оценивающий взаимосвязь критериев тепловой активности и теплоты плавления.

При определении температуры основы, учтем неравномерность распределения расстояния между пятнами контакта гибких элементов с поверхностью при скольжении, а из-за соотношения размеров пятен контакта с расстоянием между ними примем источники теплоты как точечные

Температуру точечного источника определим выражением [8]:

$$\theta(x, y) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\psi} \cdot S_1 \cdot \psi} \cdot \exp \left(-\frac{\zeta^2 \cdot \varepsilon_{\eta} \cdot Pe_S}{4 \cdot \psi} \right),$$

где Q — мощность источника, Вт; λ_{ψ} — коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/(м · °С); $\psi = x/S_1, \zeta = y/S_2$ — безразмерные координаты точки на поверхности тела, м; $\varepsilon_{\eta} = S_2/S_1$ — коэффициент кратности шага.

Суммарное влияние всех проволочек на локальную температуру точечного источника определим выражением [8]:

$$\theta_{\Sigma} = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\psi} \cdot S_1} \cdot \sum_{\psi=1}^{n_{\psi}} \left(\frac{1}{\psi} \right) + 2 \cdot \left(\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\psi} \cdot S_1} \cdot \sum_{\psi=1}^{n_{\psi}} \left(\frac{1}{\psi} \cdot \exp \left(-\frac{\zeta^2 \cdot \varepsilon_{\eta} \cdot Pe_S}{4 \cdot \psi} \right) \right) \right).$$

Считаем, что средняя температура на длине зоны контакта равна средней температуре между двумя соседними пятнами контакта в соответствующем направлении:

$$\theta_O = \frac{3 + \varphi_S}{4 \cdot \varphi_S} \cdot \theta(x, y) + \theta_{\Sigma}$$

где $\varphi_s = S_l/d_{п.к.}$ — безразмерная координата; $d_{п.к.}$ — диаметр пятна контакта, м.

На рисунке 1 представлены графики зависимости температуры контакта от температуры основы при рекомендуемых коэффициентах остывания η_c .

Энергию термической активации поверхности с основой определим аналогично процессу напыления, исходя из предположения, что при определенной температуре контакта в реакцию вступает 70 % атомов, находящихся в контакте:

$$E_a = k_B \theta_k (\ln(t_o) + 30).$$

Время физико-химического взаимодействия частицы с основой определим согласно [7] продолжительностью деформации частицы при превращении её из капли условного диаметра d_{ysl} в мазок, длиной l_m под действием давления ворса на участке скольжения:

$$t_o = \frac{l_m}{V_{\tau l}},$$

где $V_{\tau l}$ — касательная составляющая скорости деформации частицы, м/с.

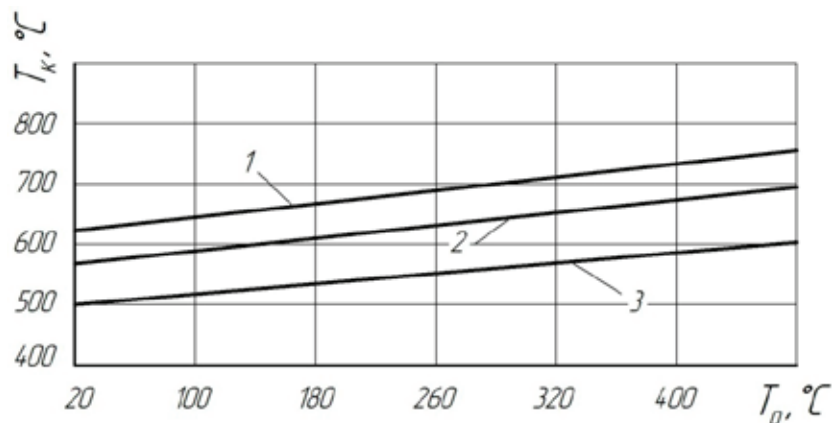


Рис. 1. Температура контакта при плакировании оловянной бронзой: 1 — $\eta_c = 0,95$; 2 — $\eta_c = 0,85$; 3 — $\eta_c = 0,7$

Длину деформированной частицы определим по выражению:

$$l_m = \frac{V_{\text{ч}}}{h_m \cdot b_m},$$

где $V_{\text{ч}}$ — объем частицы, сброшенной на поверхность гибким элементом при входе ворса в контакт, м^3 ; h_m — толщина мазка при деформации частицы, м; b_m — ширина мазка при деформации частицы, м.

Введем допущение, что объем капли на торце гибкого элемента представляет собой шаровой сегмент, что подтверждено экспериментально [9].

После выхода из зацепления гибкого элемента с донором в материале частицы происходит обратный фазовый переход в кристаллическое состояние.

Объем капли найдем из известных геометрических выражений:

$$V_{\text{ч}} = \frac{\pi}{3} \cdot h_{\text{сегм}}^2 \cdot (3 \cdot R_{\text{ш}} - h_{\text{сегм}}); \quad R_{\text{ш}} = \frac{d_{\text{в}}}{2 \cdot \sin \theta_{\text{см}}}; \quad h_{\text{сегм}} = R_{\text{ш}} \cdot (1 - \cos \theta_{\text{см}}),$$

где $R_{\text{ш}}$ — радиус шара, м; $h_{\text{сегм}}$ — высота сегмента шара, м; $\theta_{\text{см}}$ — угол смачивания, град.

Коэффициент механической активации найдем из выражения:

$$K_{em} = 1 - E_p / E_a$$

где E_p — энергия механической активации

На рисунке 2 представлены графики зависимости коэффициента относительной прочности сцепления частиц покрытия с основой от физико-механических факторов процесса плакирования.

Таким образом, можно легко определить параметры плакирования проволочным инструментом, при которых достигается необходимый уровень адгезионного сцепления покрытия с основой с обеспечением необходимой точности [10] при модернизации технологического оборудования.

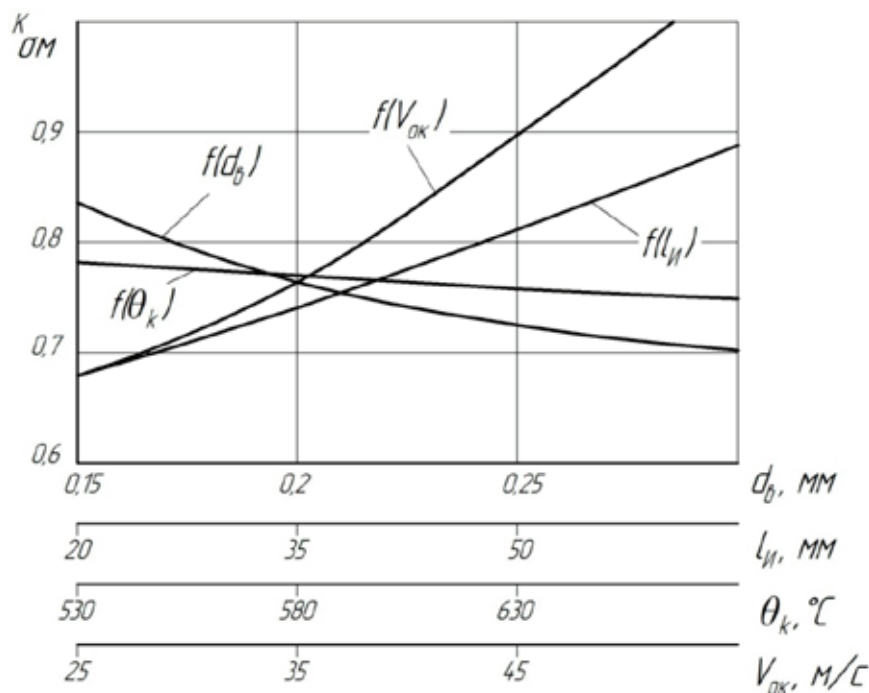


Рис. 2. Зависимость коэффициента относительного сцепления от параметров плакирования

Литература:

1. Пат. (полезная модель) № 17704 Российская Федерация, МПК В 23 К 20/12. Устройство для нанесения покрытий на длинномерные изделия / В.И. Кадошников, К.Н. Вдовин, Е.В. Куликова, С.В. Куликов, М.В. Кадошникова; заявитель и патентообладатель Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. — № 2005101674/22; заявл. 24.01.05; опубл. 27.06.05. — 7 с. — ил.
2. Пат. № 17571 Республика Беларусь, МПК В 24 В 39/00, С 23 С 26/00. Способ нанесения металлического покрытия на изделие / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов.; заявитель и патентообладатель Белорусский национальный технический университет. — № 20101811; заявл. 16.12.10; опубл. 30.08.12. — 3 с. — ил.
3. Леванцевич, М.А. Исследование влияния покрытий на антискачковые свойства направляющих скольжения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.Н. Калач // СТИН. — 2012. — № 9. — с. 4–8.
4. Белевский, Л.С. Модификация поверхности и восстановление деталей фрикционной комбинированной обработкой / Л.С. Белевский, И.В. Белевская, Ю.Ю. Ефимова // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2014. — № 4. — с. 24–27.
5. Пат. № 2353447 Российская Федерация, МПК В 21 В 28/02. Способ обработки прокатных валков / А.М. Чумиков, А.В. Титов, В.П. Анцупов, О.В. Казаков, С.И. Платов, А.В. Анцупов, А.В. Анцупов, С.П. Шинкевич; заявитель и патентообладатель ОАО Магнитогорский металлургический комбинат. — № 2007119758/02; заявл. 28.05.07; опубл. 10.12.08, Бюл. № 12. — 6 с. — ил.
6. Анцупов, В.П. Повышение стойкости режущего инструмента нанесением композиционных антифрикционных покрытий / В.П. Анцупов, А.Н. Завалицин, В.И. Кадошников, Р.Р. Дема // Технология машиностроения. — 2003. — № 4. — с. 10–11.
7. Анцупов, В.П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом: Монография / В.П. Анцупов. — Магнитогорск: МГТУ им. Носова, 1999. — 241 с.
8. Зотов, А.В. Тепловая модель при обработке проволочным инструментом / А.В. Зотов, Д.А. Расторгуев // Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции. — Тольятти: ТГУ. — 2015. — Ч.1. — с. 31–34
9. Платов, С.И. Модель формирования толщины плакированного слоя на деталях пар трения технологического оборудования / С.И. Платов, Р.Р. Дема, А.В. Зотов // Вестник МГТУ им. Носова, 2013. — № 1. — с. 69–72.
10. Левашкин, Д.Г. Методологические аспекты обеспечения точности и жесткости реконфигурируемых производственных систем с применением автоматически сменных узлов / Д.Г. Левашкин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2014. — № 4. (30) — с. 30–36.

Оптимизация производства работ при устройстве буронабивных свай в зимний период строительства в Санкт-Петербурге

Иванов Кирилл Юрьевич, магистрант

Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого

В данной статье рассмотрена технология по производству буронабивных свай в зимний период, применимая для Санкт-Петербурга. На основании опыта, включающего в себя разработку системы предварительного разогрева бетонной смеси, произведено сравнение затрат на материалы, используемые при производстве работ и разработан метод, позволяющий производить массовое устройство буронабивных свай с существенной экономией финансовых затрат для компаний, осуществляющих капитальное строительство зданий и сооружений в зимний период, в основании которых устраивают буронабивные свайные фундаменты.

Ключевые слова: оптимизация, буронабивные сваи, бетонная смесь, предварительный разогрев, зимнее бетонирование, свайные фундаменты

Учитывая климатические особенности города Санкт-Петербурга, можно сделать вывод о необходимости производства нулевого цикла строительно-монтажных работ в зимний период строительства, во время которого основная часть работ нулевого цикла, включающего в себя комплекс свайных работ, будет осуществляться при отрицательных температурах. При отрицательных температурах устройство буронабивных свайных фундаментов является наиболее эффективным методом производства работ.

В настоящее время существует множество зарубежных технологий по устройству буронабивных свайных фундаментов, изготовленных без выемки грунта, но отсутствует нормативная документация о производстве буронабивных свай в зимний период строительства [1, с. 3].

Производя сравнение технологий производства буронабивных свай [3], можно сделать вывод о необходимости подачи бетонной смеси в тело скважины. Данная задача в зимний период производства строительно-монтажных работ имеет проблему, связанную с увеличением общей стоимости фундамента, выполненного из буронабивных свай за счет удорожания стоимости строительных материалов. Поэтому, в данной статье рассматривается метод подачи бетонной смеси в тело скважины в зимний период производства работ с использованием предварительного разогрева бетонной смеси и оценка затрат на производство работ с использованием данного метода.

Анализ зависимости стоимости материалов в летний и зимний периоды строительства

Общепринятым является факт о том, что при производстве буронабивных свай в зимний период необходимо соблюдать температурный режим бетонной смеси [2, с. 5], поступающей в тело скважины.

Как показывает опыт производства свайных работ, в зимний период строительства происходит удорожание стоимости производства работ по сравнению с летним периодом, когда отсутствует необходимость использования противоморозных добавок для сохранения температуры бетонной смеси.

Рассмотрим факторы, влияющие на стоимость производства:

1. Средняя глубина промерзания;
2. Длина свай;
3. Диаметр свай;
4. Стоимость материалов;

Расчет стоимости производства одной сваи можно рассчитать по формуле:

$$P_c = V_c \cdot P_m + P_n, \quad (1)$$

где: P_c – стоимость производства одной сваи, р;

V_c – объем сваи, м³;

P_m – стоимость материала, руб.;

P_n – стоимость выволнения работ, руб..

При этом стоимость производства строительно-монтажных работ можно найти по формуле (2):

$$P_n = P_a + P_k, \quad (2)$$

где: P_{Σ} – стоимость выполнения работ, руб.;

P_2 – стоимость аренды техники, руб.;

P_k – заработная плата рабочих, руб.;

При производстве работ в зимний период и летний затраты на аренду строительных машин и механизмов, а также на заработную плату персонала равны, стоимость стальных конструкций остается неизменной для любого времени года. Поэтому рассмотрим стоимость бетонной смеси в зимний и летний периоды. Основным показателем стоимости бетонной смеси зимой является добавление в смесь противоморозных добавок.

В таблице 1 представлена стоимость бетонной смеси с добавлением противоморозных добавок и без нее, на примере бетонной смеси марки В15 [6,7,8].

Таблица 1. Стоимость бетонной смеси в летний и зимний периоды строительства

№	Поставщик бетонной смеси	Марка бетонной смеси	Стоимость, руб./м ³		Превышение стоимости, %
			Летний период строительства	Зимний период строительства (с использованием противоморозных добавок)	
1	ЗАО «ЛСР-базовые»	В15	3094	3314	7,1
2	ООО «ЛенБетон»	В15	2950	3050	3,4
3	ООО «Монолит-47»	В15	2440	2580	5,7

По данным, представленным в таблице 1, можно рассчитать среднее превышение стоимости бетонной смеси в летний и зимний периоды строительства $Q_{ср}$ по формуле:

$$Q_{ср} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{n}, \tag{3}$$

где:

Q_1 = превышение стоимости смеси, заказанной у первого поставщика, %;

Q_2 = превышение стоимости смеси, заказанной у второго поставщика, %;

Q_3 = превышение стоимости смеси, заказанной у третьего поставщика, %;

n = количество поставщиков, шт.

Из расчёта данных по формуле (3), представленных в таблице 1, выявлено, что среднее превышение стоимости материала при зимнем производстве работ на 5,4% больше, по сравнению с производством работ в летний период строительства.

Зависимость стоимости производства работ от стоимости материалов в зимний период строительства

Исходя из данных о сравнении стоимости производства работ, на объекте капитального строительства «Конгрессно-Выставочный центр» по адресу: г. Санкт-Петербург, территория предприятия «Шушары», участок 751 (Пулковский) проведено исследование.

На данном объекте производился монтаж буронабивных свай по технологии DDS для двух одинаковых сооружений, имеющих идентичный проект производства свайных работ. Средняя глубина заложения свай $L=25$ м, средний диаметр свай $\varnothing=520$ мм. Количество устраиваемых свай $N=208$ для каждого сооружения. Для монтажа свайных фундаментов выбрана строительная техника: буровая установка Bauer BG 36, бетононасос БН-60, гусеничный кран МКГ-16М, автобетоносмеситель СБ-92–1 и дизельная электростанция на 100 Квт АД-100-Т 400. В процессе производства работ на всех захватках участвовало одинаковое количество сотрудников. Средняя температура при производстве работ находилось в интервале от -5°C до -10°C . Средняя глубина промерзания в Санкт-Петербурге, $h_{ср} = 1,5$ м [10, с. 2 – 15], модуль поверхности, $M_n = 4,22 \text{ м}^{-1}$.

Массовое устройство свай на первой захватке осуществлялось по технологии холодного бетонирования при поставке бетонной смеси с противоморозными добавками. При приготовлении бетонной смеси на заводе-изготовителе соблюдено оптимальное содержание противоморозных добавок, полученное по опытным данным в лаборатории на заводе-изготовителе [9]. При массовом устройстве свай, выполненных из бетонной смеси с противоморозными добавками общую стоимость материала производства всех свай можно найти по формуле:

$$P_1 = P_{c1} \cdot N_c, \quad (4)$$

где P_1 – общая стоимость материала всех свай с добавками, руб.;

P_{c1} – стоимость материала одной сваи с добавками, руб.;

N_c – общее количество свай, шт.

На второй захватке разработана система, при которой бетонная смесь, приготовленная на заводе-изготовителе с учетом требований к сохранению подвижности разогретых бетонных смесей на период, достаточный для подачи в тело скважины, прогревалась до нужной температуры подачи непосредственно на строительной площадке. Водоцементное отношение назначается из расчета начальной подвижности бетонной смеси и находится в интервале от 0,19 м до 0,21 м осадки стандартного конуса. При этом для модуль поверхности, $M_n \leq 5 \text{ м}^{-1}$, так как при значении модуля поверхности $M_n \leq 5 \text{ м}^{-1}$, остывание бетонной смеси в теле скважины занимает больший промежуток времени, что приводит к возрастанию критической прочности.

Для производства работ в заданных условиях разработана система предварительного разогрева бетонной смеси, находящаяся в зоне действия бетононасоса.

Основными элементами системы являются: рама — основание для устройства разогрева и трансформатор для прогрева бетона ТСДЗ-40М.

На ригель рамы (4) подвешена установка предварительного электроразогрева (3), через которую осуществляется, разогрев бетонной смеси. С одной стороны, к установке с подъемом на инвентарную эстакаду (1) осуществляется подъезд автобетоносмесителей (2) и подача бетонной смеси. С противоположной стороны автобетононасосом, осуществляется подача бетонной смеси в тело скважины.

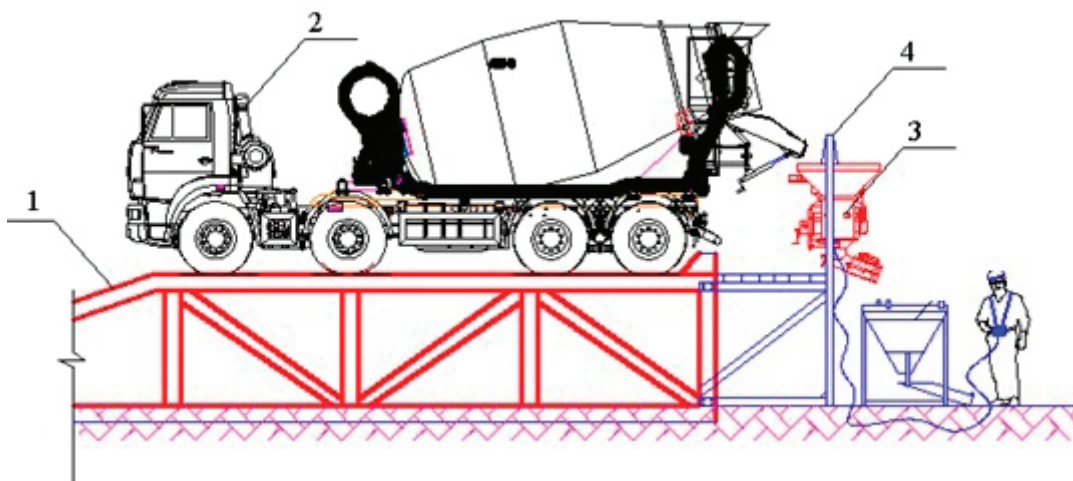


Рис. 1. Схема организации поста предварительного электроразогрева бетонной смеси: 1 — инвентарная эстакада; 2 — автобетоносмеситель; 3 — устройство предварительного электроразогрева бетонной смеси; 4 — инвентарная поддерживающая рама

Общая стоимость монтажа и обслуживания пункта предварительного разогрева представлена в таблице 3 [4,5].

Таблица 2. Затраты на устройство пункта предварительного разогрева бетонной смеси

№	Наименование	Единицы измерения	Стоимость, руб.	Общее количество	Общая стоимость, руб.
1	Уголок равнополочный 125x125x12 мм	м/п	852,6	148,0	126187,8
2	Лист 4x1500x3000 мм	шт.	9387,9	12,0	112654,2
3	Трансформатор для прогрева бетона ТСДЗ-40М	шт.	67000,0	1,0	67000,0
4	Заработная плата оператора	р/час	100,0	672,0	67200,0
5	Стоимость электроэнергии	р/Квт·ч	2,5	83904,0	209760,0
Итого:					582802,0

При массовом устройстве свай, выполненных при предварительном прогреве бетонной смеси, общую стоимость материала всех свай можно найти по формуле:

$$P_2 = P_{c2} \cdot N_c + P_{EB}, \tag{5}$$

где P_2 – общая стоимость материала всех свай при ПРБС, руб.;

P_{c2} – стоимость материала одной сваи без добавок, руб.;

N_c – общее количество свай, шт.;

P_{EB} – стоимость монтажа и эксплуатации пункта ПРБС, руб.,

Стоимость монтажа и эксплуатации ПРБС можно рассчитать по формуле:

$$P_{EB} = P_r + P_w + P_e, \tag{6}$$

где P_r – общая стоимость ресурсов, необходимых для монтажа ПРБС, руб.;

P_w – заработная плата оператора ПРБС, руб.;

P_e – общая стоимость электроэнергии, руб.

Стоимость электроэнергии P_e , рассчитывается из соотношения потребности электроэнергии для обслуживания пункта предварительного разогрева бетонной смеси. Расход электроэнергии на прогрев 1 м^3 бетонной смеси на портландцементе М400, температуре наружного воздуха $t = -10\text{с}^\circ$ и модуля поверхности $M \leq 6$ равен $q = 76 \text{ Квт} \cdot \text{ч}$ [11]. Объем бетонной смеси, подлежащей предварительному разогреву с учетом разогреваемой смеси находится по формуле:

$$V_a = V_{c1} \cdot N_c, \tag{7}$$

где V_{c1} – объем одной сваи с учетом глубины промерзания, м^3 ;

N_c – количество свай, шт.;

$$V_a = 3,14 \cdot 0,26^2 \cdot 25 \cdot 208 = 1104 \text{ м}^3, \tag{8}$$

Общее количество электроэнергии необходимое для разогрева бетонной смеси в объеме, рассчитанном в формуле (8) равно:

$$q_a = V_a \cdot q = 1104 \cdot 76 = 83904 \text{ Квт} \cdot \text{ч}, \tag{9}$$

Средняя цена за $1 \text{ Квт} \cdot \text{ч}$ в Санкт-Петербурге составляет 2,5 руб. [12]. Поэтому Общая стоимость электроэнергии $P_e = 2,5 \cdot 83904 = 209706$ руб.

Данные сравнения общей стоимости при производстве буронабивных свайных фундаментов с добавлением противоморозных добавок и с использованием пункта предварительного разогрева бетонной смеси представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение стоимости на материалы для обоих методов производства работ

Технология	Общее количество свай, шт.	Объем одной сваи, м3	Стоимость бетонной смеси, р/м3	Стоимость пункта предварительного разогрева бетонной смеси, р	Общая стоимость затрат на материалы, р
С добавлением противоморозных добавок	208	20	3314	-	13798303
С использованием пункта предварительного разогрева бетонной смеси	208	20	3094	582802	13465104

Из данных по общей стоимости затрат на материалы, представленным в таблице 2 следует, что общая стоимость затрат на материалы для производства буронабивных свайных фундаментов на 2,47% меньше, чем общая стоимость затрат на материалы для производства работ по технологии холодного бетонирования.

Заключение

При сравнении стоимости материала для массового производства буронабивных свай в зимний период выявлено:

1. При использовании противоморозных добавок в зимний период времени по сравнению с летним происходит удорожание общей стоимости производства на 5,4%.
2. Для снижения общей стоимости производства строительно-монтажных работ, при массовом устройстве буронабивных свай в зимний период строительства в Санкт-Петербурге, оптимальным решением является внедрение на объект капитального строительства пункта предварительного разогрева бетонной смеси, описанного в данной статье. Данная технология позволит компаниям, осуществляющим строительство, уменьшить затраты на производство буронабивных свайных фундаментов на 2,47%

Литература:

1. Сбитнев, А. В. Несущая способность свай, выполненных по технологии вытеснения в слабых грунтах: Автореф. дис. канд. техн. наук. — С. — Петербург, 2009 с. 21
2. Андриевский, Сергей Николаевич Совершенствование технологии зимнего бетонирования конструктивных элементов монолитных каркасов здания: автореф. дис. канд. техн. наук. — Новосибирск, 2009 с. 163
3. <http://www.geostroy.ru/technology/>
4. <http://www.1metallobaza.ru/price/freshprice.xls>
5. <http://www.stankomasch.ru/catalog/product/9434/>
6. http://lsrbase.ru/concrete_solution/product_service/
7. <http://lenbeton.com/beton-cena>
8. <http://monolit47.ru/price.html>
9. http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/EKON_S/FORMIR_STR_BET/ZIM_BETON/MAIN.HTM
10. СНиП 2.02.01.83 «Основания зданий и сооружений»
11. <http://montazinfo.ru/elektromontazh/progreb-betona.htm/>
12. http://pes/spb.ru/for_customer/electricity_tariffs/electricity_tariffs_for_st_peterburg/

Внедрение линейной диспетчеризации с целью повышения качества перевозочного процесса пассажиров

Карагодина Анастасия Николаевна, магистрант;
Кашманов Радий Яруллаевич, аспирант
Волгоградский государственный технический университет

Ключевые слова: линейный диспетчер, нарушение расписания, наполняемость салона.

Система управления пассажирским транспортом должна обеспечивать доступное и эффективное транспортное обслуживание населения. Местные органы власти всегда регулировали и в большинстве населенных пунктов продолжают контролировать пассажирские перевозки. Процесс приватизации, протекавший в 90-х годах, привёл к тому, что была ликвидирована монополия государства на управление транспортной отраслью. В результате проводимых реформ автотранспортные предприятия были переданы в собственность муниципалитетов, либо в частные руки. Эта передача была зачастую выполнена без контроля финансирования. И без учета совмещения интересов перевозчиков, муниципалитета и пассажиров. Маршрутные такси, появившиеся в 2000-х годах, были призваны обеспечивать перевозки

с небольшими, но устойчивыми пассажиропотоками в городах и сельской местности. Но на сегодняшний день существует множество проблем организацией перевозочного процесса. Качество транспортного обслуживания населения находится на невысоком уровне. Под качеством транспортного обслуживания понимается количественная характеристика одного или нескольких потребительских свойств транспортной услуги, составляющих ее качество в соответствии с установленными требованиями и стандартами. Показатели качества транспортного обслуживания пассажиров: своевременность перевозок, комфортабельность поездки, безопасность движения, удобство расписания движения автобусов, информативность пассажиров, обслуживание пассажиров в пунктах отправления и прибытия.

Во многих городах бесконтрольная работа частных перевозчиков сводится к «гонкам за пассажиром». Кроме того, частные перевозчики предпочитают работать на выгодных маршрутах, при этом нарушая расписание движения с целью большей наполняемости.

Рассмотрим ситуацию с организацией пассажирских перевозок, которая складывается в малых городах при обеспечении пригородных перевозок на примере маршрутов по направлению Дубовка-Волгоград.

С 2014 года все сельские и пригородные маршруты Дубовского района обслуживает частный перевозчик — ИП «Молоканов с. В.» [1]. За 2014 год показатели предприятия были намного лучше и перевозки по всем пригородным и сельским маршрутам осуществлялись с соблюдением расписания. Но в сложившейся экономической ситуации пассажиропотоки и доходы предприятия стали снижаться. С 1 января 2015 года было сокращено количество рейсов на маршрутах № 124Б и № 100. По маршруту № 100 «г. Дубовка (АС) — г. Волгоград (АВ)» из 26 рейсов в день теперь функционирует всего 16. По маршруту 124Б «Дубовка (АС) — г. Волгоград (ВГТЗ)» рейсы были сокращены с 136 до 92.

Регулярность выполнения перевозок позволяет четко выполнять заданное расписание движения ПС на об-

служиваемых маршрутах. Если в 2014 году маршрутные такси отправлялись строго по расписанию не зависимо от наполнения салона (см рис. 1) то в этом году ситуация сильно изменилась (см рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что водители нарушают время отправления во время спада пассажиропотока с целью увеличения наполняемости салона. Так же из-за небольшого пассажиропотока вечером многие микроавтобусы сходят на последнем рейсе, чаще всего это случается в середине недели. Результаты, представленные на рисунке 2 были собраны в среду на маршруте № 124Б отправление из г. Дубовка. Во время наблюдения 7 автобусов отправились на линию с нарушением времени отправления и два рейса совсем не были осуществлены.

Одной из важных задач системы диспетчерского управления являются обеспечение регулярности движения подвижного состава на маршрутах.

Движение является регулярным, если транспортное средство своевременно отправляется, и вовремя прибывает, а также интервалы на всех остановочных пунктах соблюдается в соответствии с расписанием.

Отсутствие линейных диспетчерских центров все выполненные рейсы считаются регулярными, невыполнение рейса

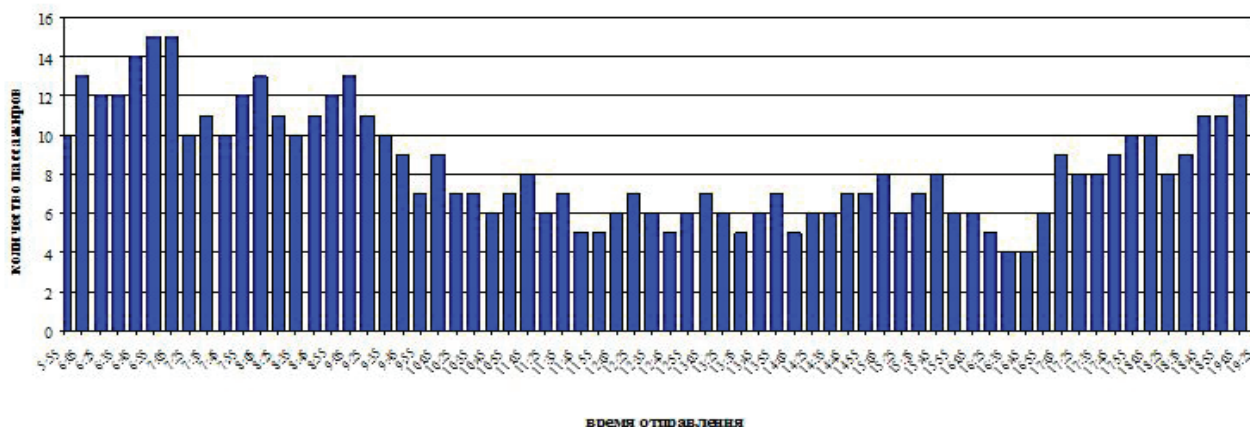


Рис. 1. Время отправления и наполняемость салона автобуса в 2014 г. наблюдение за один день

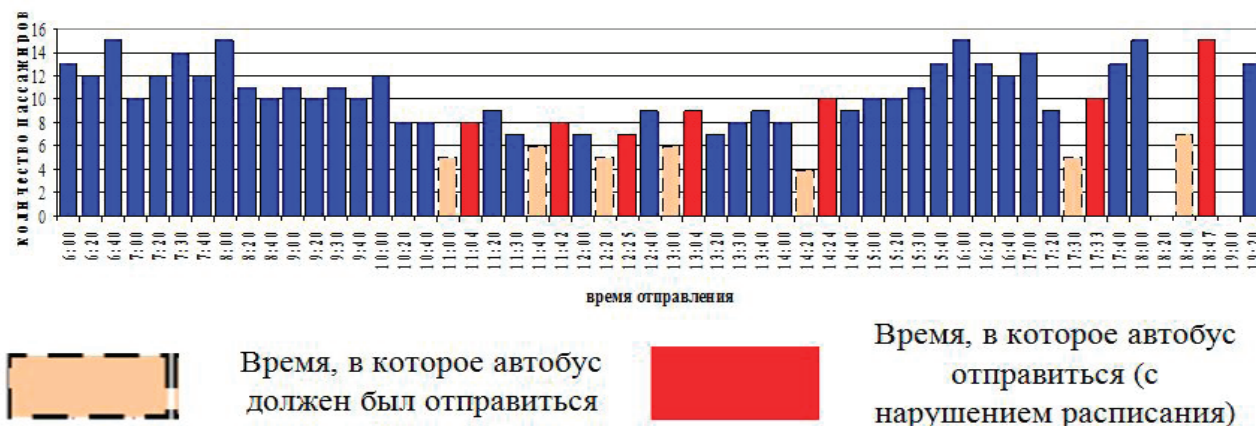


Рис. 2. Время отправления и наполняемость салона автобуса в 2015 г. наблюдение за один день

фиксируется только в случае схода автобуса с маршрута по технической неисправности или из-за ДТП. Невыполнение рейсов из-за злоупотреблений водителями зафиксировать трудно. При наличии линейных диспетчерских центров можно контролировать выполнение и регулярность рейсов.

При обслуживании пассажиров необходимо соблюдать точность и регулярность движения автобусов. Регулярность и точность движения обеспечивается: организацией диспетчерского управления и систематического контроля за движением каждого транспортного средства на маршруте; введением контроля и учета за каждым рейсом, на конечных и промежуточных остановочных пунктах; использованием для управления движения технических средств связи; реализацией графиков движения для каждого транспортного средства, в котором водителю задается не только отправление и прибытие, но и время прохождения промежуточных остановок.

Функциями линейной диспетчеризации являются:

- контроль над соответствием фактического времени движения каждого транспортного средства, согласно расписанию;
- регулирование движения, если фактическое движение ТС отклоняется от времени установленного в расписании, при изменениях условий движения, условий перевозок и распределения пассажиропотоков на маршрутах в различные периоды суток;
- восстановление нарушенного движения на линии или выбытие ТС по техническим или другим причинам;
- подготовка ежедневных отчетов по выполнению дневного плана перевозок.

Диспетчерское руководство на предприятии частично возложено на механика. Он выполняет внутривидеонаблюдение диспетчеризацию. Линейного диспетчера на предприятии нет. Контроль за соблюдением фактического времени движения микроавтобусов дополнительно осуществляют

сами водители, контролируя, что впереди идущие ТС не отстает от графика (не собирает «лишних» пассажиров) и предупреждая друг друга по телефону в случае появления заторов или возникновения внештатных ситуаций.

Мониторинг транспорта на сегодняшний день является самым эффективным способом осуществлять контроль за транспортным парком предприятия любого масштаба. Круглосуточный мониторинг транспорта в режиме онлайн позволяет: получать информацию о перемещении транспорта на интерактивной карте; получать оперативные данные о скорости, пробеге, простое, расходу топлива; автоматически прокладывать маршруты движения транспорта; контролировать время работы транспорта и многое другое.

Основной особенностью эксплуатации автотранспортных средств (АТС) является их работа в отрыве от производственной базы — места планирования и управления перевозочным процессом. Таким образом, для эффективного управления перевозочным процессом необходимо получать достоверные данные о ходе его выполнения, которые формируются вне предприятия, выполняющего данные перевозки [2, с. 41].

По требованию российского законодательства на всех транспортных средствах предприятия ИП «Молоканов С.В.» установлены современные электронные тахографы, но стоит отметить, что они не используются.

Контроль работы автобусов является ключевым этапом, от которого зависит качество обслуживания пассажиров.

Для передачи данных в основном используется либо технология Bluetooth, либо GPRS. Технология Bluetooth используется для передачи данных на короткие расстояния на конечных или остановочных пунктах с последующей передачей по проводным или беспроводным сетям в диспетчерский пункт. Технология GPRS позволяет передавать данные, используя системы сотовых операторов связи, непосредственно в диспетчерский пункт [2, с. 47].



Рис. 3. Схема доставки данных о местоположении автомобиля

Навигационные системы делятся на две группы: навигационные системы водителя и диспетчерские навигационные системы. Диспетчерские навигационные системы (ДНС) предназначены для передачи данных о местонахождении ТС на диспетчерский пункт автотранспортного предприятия. В этом случае, как это показано на рисунке 3, в ДНС дополнительно появляются блоки передачи координат ТС в АТП и соответствующее программное обеспечение диспетчерского пункта [2, с. 56].

Организация пассажирских перевозок в малых городах зачастую вызывает недовольство со стороны населения. Услуги, предоставляемые частными перевозчиками отличаются малой информативностью, существующее расписание нарушается, а частые сходы водителей с линии из-за малой наполняемости салона доставляют массу неудобств. Пригородные автобусные маршруты ряда городов

и населенных пунктов имеют регулярные транспортные связи с аэропортами, железнодорожными и речными вокзалами, морскими портами. Внутриобластные и сельские автобусные пассажирские перевозки обеспечивают связи глубинных населенных пунктов с магистральными видами транспорта дальних сообщений.

Линейный диспетчер необходим для контроля над всеми регулярными перевозками пассажиров. Что значительно повысит качество предоставляемых услуг. Диспетчер будет контролировать весь перевозочный процесс и оперативно реагировать на внештатные ситуации.

Учитывая проблемы существующей нормативно-правовой базы в области пассажирских перевозок, а точнее её отсутствие на муниципальном уровне, становятся понятными все те трудности, которые испытывают малые города (районные центры) в организации и управлении пассажирскими перевозками.

Литература:

1. Состояние организации перевозок пассажиров общественным транспортом в малых городах, на примере городов Ахтубинска и Дубовки / А. В. Куликов, С. Ю. Фирсова, А. Н. Карагодина, Р. Я. Кашманов // Сборник научных трудов SWorld. — 2015. — Вып. 1, том 1. — С. 27–31.
2. Горев, А. Э. Информационные технологии на транспорте. Электронная идентификация автотранспортных средств и транспортного оборудования: учеб. пособие для студентов // А. Э. Горев; СПбГАСУ. — СПб., 2010. — 96 с.

Некоторые аспекты изучения двухфазного фонтанирующего слоя в аппарате конической формы

Каримов Абдумалик Абдуллаевич, старший преподаватель;
Мукольянц Арсен Артёмович, доцент;
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

Жамилов Алибек Фозилович, бакалавр;
Маликова Нодира Абдурахмановна, бакалавр
Российский государственный университет имени И. М. Губкина, филиал в г. Ташкенте (Узбекистан)

Рассматриваются закономерности изменения скорости дисперсного потока по высоте конического аппарата. Изучен интенсифицированный кипящий слой для сжигания твердого топлива и разработана математическая модель для определения процессов интенсификации горения.

Ключевые слова: фонтанирующий слой, двухфазный поток, влажный материал, твёрдая частица, дисперсный материал, бурый уголь, сжигание топлива, теплообмен.

Использование местного сырья в энергетической отрасли Республики Узбекистан требует создание и внедрение отечественных технологий сжигания и газификации бурого местного угля, не уступающего по некоторым теплотехническим параметрам зарубежным аналогам. Эти в свою очередь требует проведения фундаментальных научных и экспериментальных исследований, а также разработки технологических схем и документов на проектирование.

В последние годы обработка твердых материалов в кипящем и фонтанирующем слоях привлекает внимание многих исследователей, и находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Как пример, улучшение интенсивности сжигания низкосортного угля осуществляется в смешанном фонтанирующем кипящем слое (ФКС). В работах [1;2] приведены результаты гидродинамического исследования первой критической точки процесса фонтанирования для двухфазного потока. Несмотря на проведенные многочисленные экспериментальные исследования, ещё не раскрыта сущность распределения скорости газа с насыщенной твердой фазой в горизонтальных сечениях ФКС.

Известно, что с началом фонтанирования объём слоя увеличивается, а перепад давления начинает уменьшаться до скорости стабильного фонтанирования [2].

Целью данной работы являлось определение закономерности изменения скорости дисперсного потока по высоте конического аппарата. Экспериментальные исследования проводилось на опытной установке, созданной авторами.

Расходы и скорость потока измерялись при помощи прибора Testo 405-V1. Перепады давления в сечениях камеры в коническом аппарате измерялись при помощи многодиапазонного дифференциального микроманометра с наклонной трубкой ММН-2400. Изменение расхода воздуха обеспечивалось при помощи регулятора расхода, установленного после вентилятора. Перепад давления измеряли на входе и на выходе аппарата.

Для эксперимента в качестве твёрдых частиц использовали семена подсолнуха влажностью в пределах 10...30%, масличностью 40...49%, истинной плотности семян в пределах 690–760 кг/м³, насыпной плотности в пределах 380–460 кг/м³.

Высота насыпного слоя дисперсного материала изменялась в пределах 10...20 см. Результаты серии экспериментов дали возможность определять зависимости изменения скорости (по слоям через каждые 10 см аппарата) от перепада давления. Обработанные математическим методом наименьших квадратов данные представлены в таблицах 1,2,3 из которых видно, что до начала фонтана в нижней части сечения скорость потока пульсирует, а по высоте потока она мало меняется. При устойчивом фонтанировании скорость по всем сечениям аппарата начинает увеличиваться, а перепад давления мало меняется.

График зависимости изменение скорости потока от сечения аппарата при различных давлениях представлен на рисунке 1 (а, б, в, г).

Таблица 1. Изменение скорости потока (воздух + семена подсолнуха) от перепада давления по сечениям аппарата. Толщина слоя — 19 см, влажность материала — 30%

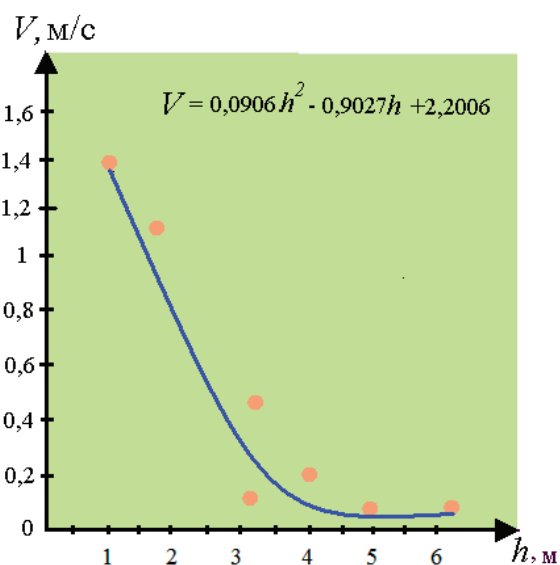
DP, Па	V ₀ , м/с	V _{1 сечения} , м/с	V _{2 сечения} , м/с	V _{3 сечения} , м/с	V _{4 сечения} , м/с	V _{5 сечения} , м/с	V _{6 сечения} , м/с
23–25	0,98	1,39	—	—	—	—	—
20–25	1,11	—	1,03	—	—	—	—
22–23	0,96	—	—	0,076	—	—	—
24	0,96	—	—	—	0,19	—	—
24	0,96	—	—	—	—	0,008	—
24	0,96	—	—	—	—	—	0,01
33–37	1,3	1,36	0,8	0,06	0,01	-	-
55–57	1,91	2,26	1,32	0,07	0,13	0,04	-
Начало фонтанирования							
90–110	2,96	2,32	3,41	0,21	0,25	0,06	-
После фонтанирования							
80–90	3,84	4,15	2,6	0,47	0,42	0,32	0,17
90–100	4,38	5,44	3,22	0,5	0,45	0,26	0,31

Таблица 2. Изменение скорости потока (воздух + семена подсолнуха) от перепада давления по сечениям аппарата. Толщина слоя — 10 см, влажность материала — 30%

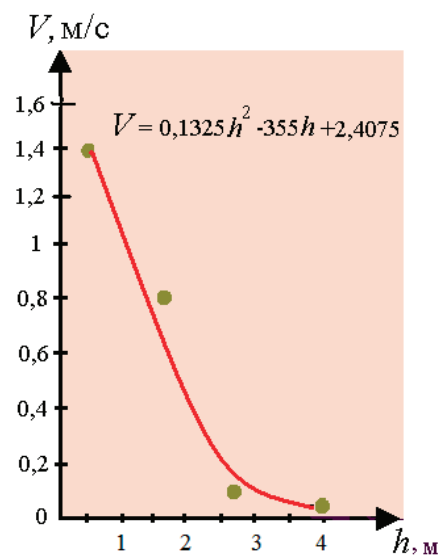
DP, Па	V ₀ , м/с	V _{1 сечения} , м/с	V _{2 сечения} , м/с	V _{3 сечения} , м/с	V _{4 сечения} , м/с	V _{5 сечения} , м/с	V _{6 сечения} , м/с
20	1,35	1,89	0,09	0,06	0,01	0,01	-
29–30	1,77	1,88	0,19	0,11	0,1	0,06	-
45	2,01	3,18	0,17	-	-	-	-
50	2,01	-	-	0,05	0,02	0,02	-
60	2,62	3,16	0,08	0,22	0,06	0,03	-
70	3,03	3,59	0,12	0,02	0,01	0,01	-
80	2,73	3,21	0,2	0,01	0,06	0,04	-
Начало фонтанирования							
90	2,6	3,4	-	-	-	-	-
После фонтанирования							
60–50	2,6	-	1,42	-	-	-	-
50–60	2,6	-	-	0,75	0,53	0,7	-
70–80	7,09	5,66	-	-	-	-	-
60–80	7,09	-	5,26	-	-	-	-
60–70	7,09	-	-	4,67	3,4	3,15	-

Таблица 3. Изменение скорости потока (воздух + семена подсолнуха) от перепада давления по сечениям аппарата. Толщина слоя — 10 см, влажность материала — 10%

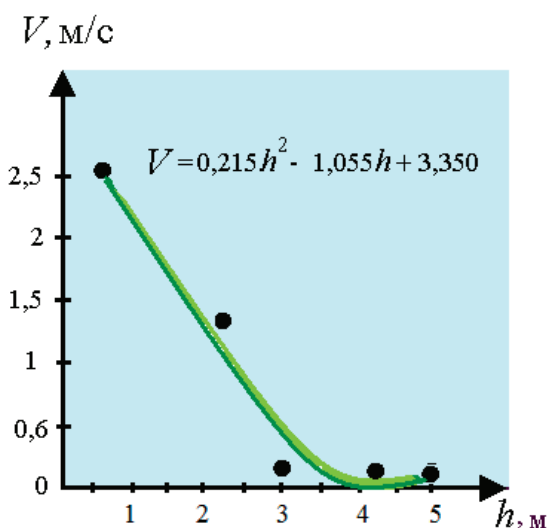
DP, Па	V_0 , м/с	V_1 сечения, м/с	V_2 сечения, м/с	V_3 сечения, м/с	V_4 сечения, м/с	V_5 сечения, м/с	V_6 сечения, м/с
25–30	1,61	1,13	—	—	—	—	—
30–33	1,61	—	0,31	0,12	0,08	—	—
33–34	1,61	—	—	—	—	0,06	0,45
35	1,56	2,03	0,25	0,08	0,04	—	—
Медленное фонтанирование							
40	2,66	2,42	0,72	0,57	0,39	0,3	0,21
После фонтанирования							
30–40	2,89	3,33	0,92	0,33	0,38	0,25	0,19



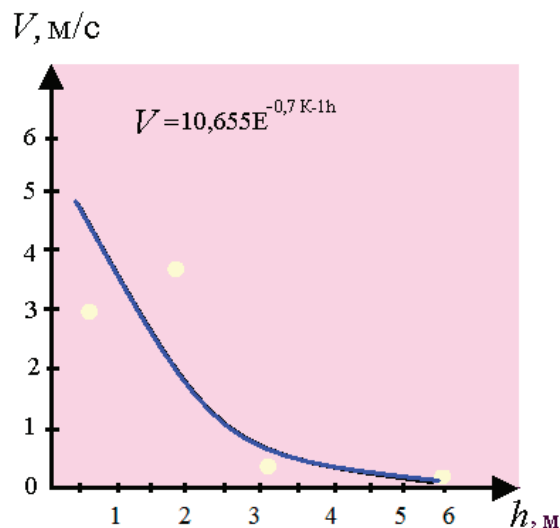
а) $\Delta P = 20-25$ Па



б) $\Delta P = 33-37$ Па



в) $\Delta P = 55-57$ Па



г) $\Delta P = 90-100$ Па

Рис. 1. Зависимости изменения скорости потока от перепада давления по сечениям аппарата

Из графиков видно, что большая часть кинетической энергии тратится в начальных нижних сечениях. Из-за большого сопротивления дисперсного материала в верхних сечениях кинетическая энергия очень мало меняется.

Закрученные течения потока жидкости и газов наблюдается во многих явлениях природы, и часто используются в технике (циклоны, торнадо в атмосфере, водовороты, отрывные течения, теплообменные аппараты и др.). В техниче-

ских горелочных устройствах закрутка потока формирует, стабилизирует пламя и интенсифицирует процесс сжигания смеси топлива и воздуха.

При выводе уравнения движения и неразрывности для взаимопроникающих и взаимодействующих фаз смеси в области течения принята модель Х. А. Рахматуллина

$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{g}_n}{\partial t} + \text{grad} \left(P_n + \frac{g_n^2}{r} + U_n \right) + [\vec{\Omega}_n, \vec{g}_n] = \nu_n \nabla^2 \vec{g}_n + k_n (\vec{g}_p - \vec{g}_n) \\ \frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \text{div}(\rho_n \vec{g}_n) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$f_1 + f_2 = 1, \quad \rho_n = \rho_{ni} f_n \quad (2)$$

где \vec{g}_n — вектор скорости частиц n -ой фазы смеси;

$$g_n = |\vec{g}_n|; \quad \vec{\Omega}_n — \text{угловая скорость } n\text{-ой частицы смеси } (\vec{\Omega}_n = \text{rot} \vec{g}_n);$$

ρ_n, ρ_{ni} — приведенные и истинные плотности n -й фазы смеси;

f_n — объемная концентрация n -й смеси;

k_n — коэффициент взаимодействия фаз.

Обработка результатов экспериментальных данных методом наименьших квадратов даёт функциональную зависимость в виде поленома

$$V = ah^2 + bh + c, \quad (3)$$

где: a, b, c — экспериментальные коэффициенты, зависящие от перепада давлений.

Фонтанирование зависит как от толщины слоя, так и от влажности твердого материала. С уменьшением толщины слоя и влажности материала гидродинамическая интенсивность ФКС увеличивается. Визуальные наблюдения и фотосъемка за движением частиц показывают, что вращаясь вокруг оси аппарата, частицы материала поднимаются и опускаются вниз, составляя стратифицированный слой, т.е. по слоям твердые частицы как бы дышат. Подъём и спуски твердых частиц, т.е. интенсивное перемешивание происходит в интервале времени 0,892–0,959 сек. Некоторые относительно легкие частицам уносятся из аппарата, но в очень малом количестве.

Надо отметить, что гидродинамические исследования проводились с окружающим воздухом при температурах, которые изменялись в пределах 15÷30°C. При этом, выявлен процесс осушения влажного материала. Это говорит о том, что во время фонтанирования за счет активного гидродинамического режима теплообмен протекает весьма интенсивно. Влажность материала уменьшалась в среднем до 10%. Кроме того, твердые частицы из-за столкновений между собой и о стенку раздроблялись.

Таким образом, использование конусообразного аппарата и создание ФКС дает возможность интенсифицировать гидродинамические и теплотехнологические процессы.

Литература:

1. Бабаходжаев, Р. П. Исследование процесса микрофонтанирования в интенсифицированном кипящем слое для сжигания низкосортных углей. // Сб. докл. VII Всеросс. конф. «Горение твердого топлива» (с международным участием). Часть 2. — Новосибирск, — 2009. С.15–19.
2. Бабаходжаев, Р. П., Каримов А. А., Шакиров А. А. Гидродинамические исследования двухфазного фонтанирующего слоя в коническом аппарате. // Ж. Вестник ТашГТУ. № 3–4 2009. с. 29–82.

Применение оптимального материала теплоизоляции для повышения энергоэффективности тепловой сети

Корнев Сергей Александрович, магистрант
Тульский государственный университет

*Приведен сравнительный анализ технических характеристик пароизоляционных материалов.
Ключевые слова: тепло, эффективность, строительные материалы, технологии, инновации.*

Для транспортировки тепла к потребителям используют трубопроводы — тепловые сети, которые могут передавать тепло с помощью воды и пара, их соответственно называют водяными и паровыми. В настоящее время тепловые сети передают тепло на большие расстояния. Во избежание больших теплопотерь они должны быть теплоизолированными.

Тепловая изоляция предусматривается для линейных участков трубопроводов тепловых сетей, арматуры, фланцевых соединений, компенсаторов и опор труб для наземной, подземной канальной и бесканальной прокладки. При выборе материалов теплоизоляционных конструкций трубопроводов, прокладываемых в жилых, общественных и производственных зданиях и проходных тоннелях, следует учитывать требования норм проектирования на эти объекты в части пожарной опасности.

Тепловые сети на настоящий момент характеризуются высокой степенью изношенности и как следствие большими потерями тепла по длине трассы (до 70% тепла). Решение задачи повышения энергоэффективности тепловых сетей, а, следовательно, снижения потерь тепла на пути от производителя к потребителю довольно актуальна именно сегодня при устойчивом росте цен на энергоносители. Одним из вариантов снижения потерь тепла теплопроводами является применение высокоэффективной тепловой изоляции.

На данный момент на рынке строительных материалов представлен огромный перечень трубной тепловой изоляции отечественного и зарубежного производства. Но при всем многообразии выбора, зачастую, довольно сложно оптимально подобрать материал тепловой изоляции, обеспечивающий максимальную защиту от теплопотерь. Как правило, проектировщики вносят в проект ту изоляцию, которую выбирают и рекомендуют производители или заказчик. Поэтому, их выбор не основан на расчетных данных. В этом заключается причина неграмотного применения тепловой изоляции систем теплоснабжения. К тому же отсутствуют четкие указания по выбору в нормативной литературе.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы был проведен анализ предлагаемых теплоизоляционных материалов по теплотехническим характеристикам и по области их применения.

Были рассмотрены следующие примеры тепловой изоляции: скорлупы ППУ (пенополиуретан), трубки Энергофлекс Супер из полиэтиленовой пены, теплоизоляция Изопайп АЛ, минераловатная изоляция, теплоизоляция из базальтового волокна ROCKWOOL, стекловолокно фирмы Isover, вспененный каучук K-Flex, армопенобетон.

Обобщенные показатели теплоизоляции отображены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики тепловой изоляции

Вид тепловой изоляции	Материал тепловой изоляции	Теплопроводность λ , Вт/м ² ·°С	Плотность, кг/м ³	Температура применения, °С	Область применения	Группа горючести (Россия)
1	2	3	4	5	6	7
Скорлупы ППУ, Изопайп АЛ	Пенополиуретан	0,028-0,032	40-50, 18-22	-40+140, -80+130	О, ГВС, ХВС, пром	Г2
трубки Энергофлекс Супер	Полиэтиленовая пена	0,035-0,045	25-40	-40+95	Внутренние инж. системы	Г1
PARTEK	Минеральная вата	0,033-0,071	30-140	-40+750	Тепловые сети	НГ
ROCKWOOL	базальтовое волокно	0,037-0,087	45-55	900	Техн. трубопр.	НГ
Isover	Стекловолокно	0,032-0,037	-	-60+270	Тепл.сети	Г1
K-Flex	Вспененный каучук	0,036= =const	65-80	-	О, ВК, ГВС, ХВС	Г1
Армопенобетон	пенобетон	0,05	450	300	Тепл.сети	Г1

По результатам сравнительного анализа технических характеристик теплоизоляционных материалов на основании показателей, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод, что выше перечисленные материалы удовлетворяют требованиям нормативной литературы лишь частично. Такая изоляция как PARTEK при рабочей температуре 50°C не проходит по нормам величины теплопроводности. Для те-

плоизоляции ROCKWOOL (наиболее часто применяемой) так же необходимо ограничение по рабочей температуре, так как коэффициент теплопроводности не должен превышать 0,06–0,07 Вт/(м·°С). Следовательно, рекомендации нормативной литературы требуют более тщательной проработки, а также внесения списка современных теплоизоляционных материалов с характеристиками.

Литература:

1. Серия книг «Справочник по теплоснабжению и вентиляции». В двух книгах. 4-е издание, переработанное и дополненное..
2. Часть, 1. Отопление. 3-е издание, переработанное и дополненное. П.Н. Каменев, А.Н. Сканава, В.Н. Богословский и др. Москва, издательство «Стройиздат», 1975 год, 483 с.
3. СНиП 41–03–2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. / Госстрой России. — М., 2003.
4. Бирюзова, Е. А., Ломакина Л. С. Повышение энергоэффективности тепловой сети за счет применения оптимального вида тепловой изоляции / Е. А. Бирюзова, Л. С. Ломакина — СПб.: Строительство и архитектура № 5 2010

Использование гибридной силовой установки в мультикоптерах

Корнеева Виктория Романовна, магистрант
Донской государственной технической университет

В современном мире распространено использование беспилотных летательных аппаратов на радиоуправлении. Наиболее известными «беспилотниками» являются квадрокоптеры. К сожалению их использование ограничено как по времени, так и по массе перевозимого груза. Мы рассматриваем гибридную силовую установку, которая расширит сферы применения квадрокоптеров.

Ключевые слова: «беспилотник», летательный аппарат, мультикоптер, квадрокоптер, винт, двигатель, гибридная силовая установка.

В современном мире наряду с пилотируемыми летательными аппаратами (ЛА) все чаще используются беспилотные ЛА (БПЛА). Что же такое «беспилотник»?

Беспилотный летательный аппарат («беспилотник» или «дрон») — это летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип подъемной силы крыла или винта, оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач гражданского и военного назначения.

БПЛА активно развиваются, что обусловлено их относительно небольшой стоимостью, малыми габаритами, отсутствием экипажа и многим другим. Прежде всего «беспилотники» способны выполнять задачи, которые не в состоянии выполнить пилотируемые ЛА. Такие задачи можно разделить на два вида — гражданские и военные. К гражданским относятся видео и фотосъемка вблизи объекта, почта, а к военным — ударные операции и операции разведки.

Тема «беспилотников» наиболее широко рассматривается на Западе. В Германии и Англии разрабатываются новые БПЛА, при этом их финансирование непрерывно растет.

Существуют различные классификации «беспилотников», но нас интересует группа БПЛА самолетного и вертолетного типа, к которой относится мультикоптер.

Чем же фактически является мультикоптер?

Данное устройство представляет собой беспилотный летательный аппарат, аэродинамическая схема которого состоит из четного числа винтов и такого же числа двигателей, чаще всего их четыре. От количества винтов зависит название мультикоптера (квадрокоптер, октокоптер и т.д.).

Кроме винтов, предусмотрена специальная плата, которую часто называют «мозги», обеспечивающая управление ЛА и учитывающая различные факторы при полете (положение ЛА, внешние воздействия и др.).

В исследовательской работе мы рассматриваем квадрокоптер (см. рис.1). Он имеет простую конструкцию, которая славится прекрасными характеристиками, такими как грузоподъемность и надежность.

Квадрокоптер — это прежде всего дистанционно пилотируемый летательный аппарат (ДПЛА), имеющий четырех винтовую схему. Каждый винт приводится в движение собственным электрическим двигателем. Одна половина винтов вращается по часовой стрелке,

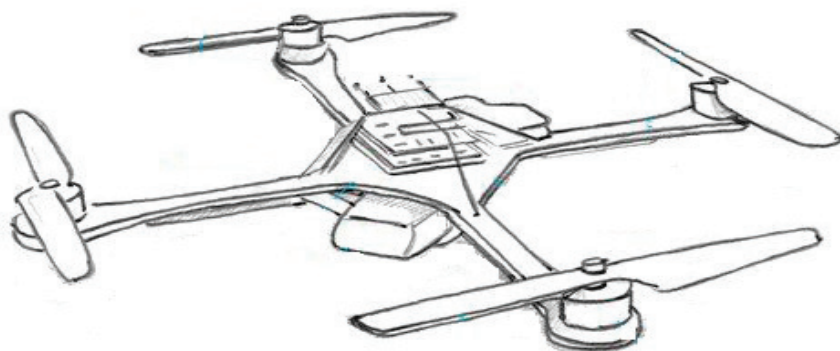


Рис. 1. Изображение квадрокоптера

а другая — против. При этом уравниваются реактивный и вращательный моменты, а необходимость в рулевом винте пропадает. Скорость полета данного ЛА меняется путем изменения вращения лопастей винтов.

Такой мультикоптер является вертолетом на дистанционном управлении, пилотируемый оператором с помощью радиоустройств. В отличие от вертолетов стандартной (одновинтовой) схемы квадрокоптер обладает высокой надежностью. Он не содержит лишние движущие элементы и обладает малой массой. Кроме того, коптер неприхотлив в эксплуатации, поэтому его полет возможен в любую погоду. И с финансовой стороны он выгоднее, чем вертолеты и самолеты «беспилотники», стандартной конфигурации.

Несмотря на перечисленные достоинства, квадрокоптеры до сих пор не используются масштабно. Почему? А причины всего две. Первая и наиболее важная причина — это малая продолжительность полета, которая составляет 45–60 минут. Вторая причина — небольшая грузоподъемность.

Данные причины выявляют главную проблему, заключающуюся в неэффективности силовой установки, а именно, большой вес аккумуляторных батарей и их малая электроемкость. Данная проблема значительно сокращает возможности в использовании квадрокоптеров, их работу и применение.

Развитие компьютерных технологий и широкое распространение электронных компонентов способствуют возникновению новых идей в решении главной проблемы при разработке коптеров.

Анализ попыток решения показывает, что исследователи преобразовывают силовую установку, а именно рассматривают различные источники получения дополнительной энергии.

Одни ученые обратились к использованию естественных источников энергии — к солнцу. При этом имела попытка использования солнечного источника электропитания. К сожалению, квадрокоптеры имеют малую площадь для размещения кремниевых элементов питания, которые являются главным элементов при использовании такой энергии. В результате исследователи определили, что использование солнечной энергии квадрокоптерами невозможно.

Другие ученые попытались решить проблему используя энергию, полученную путем химических реакций. Речь идет о водороде, который выделяется в результате реакции с простой водой борогидрида натрия под воздействием катализатора и теплоты. Полученный газ поступает на анод — топливный элемент. На платиновом катализаторе водород диссоциирует и теряет электроны, которые и создают электрический ток, необходимый для работы силовой установки. Длительность полета при этом зависит от запаса борогидрида натрия на борту.

Мы предлагаем пойти по иному пути — внедрение новой силовой установки, использующей энергию топлива и энергию АКБ. Такая установка называется гибридной (ГСУ). Она позволит увеличить не только время полета, но и полезную нагрузку ДПЛА.

Термин «гибридная» представляет собой работающие в паре двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и электромотор. Такая установка характерна в автомобильной промышленности и применяется с 20-го века. Для авиационного ГСУ является новой и нераспространенной.

Из чего же состоит ГСУ квадрокоптера?

Гибридная силовая установка представлена в Приложении А и включает:

- бензиновый двигатель внутреннего сгорания;
- электромотор;
- винты;
- топливный бак;
- генератор;
- аккумуляторные батареи.

К достоинствам ГСУ можно отнести то, что ДВС более эффективен и предоставляет необходимую дополнительную энергию.

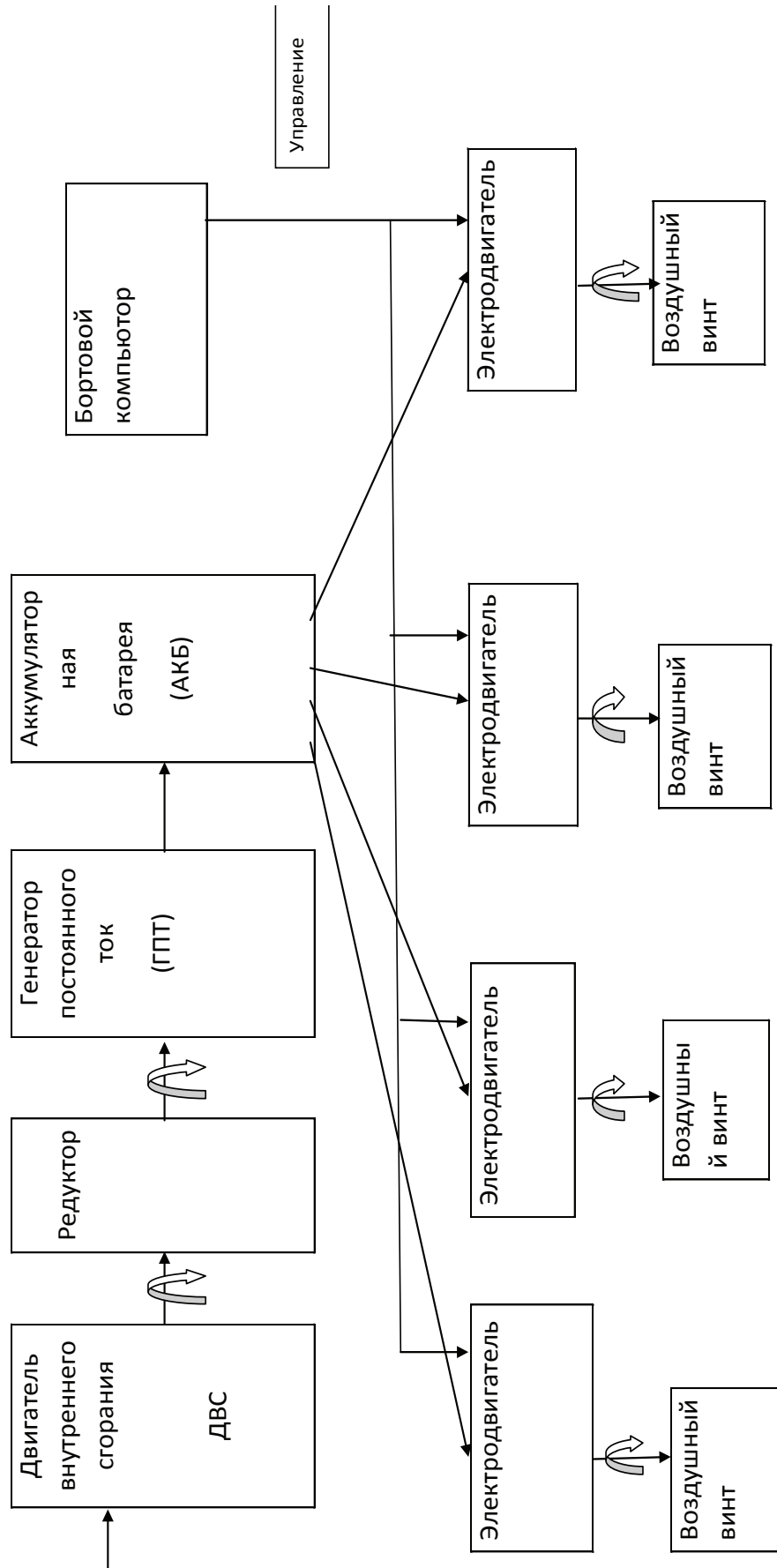
К недостаткам же относим утяжеление конструкции ДПЛА.

Подводя итог, мы считаем, что внедрение гибридной силовой установки может сопутствовать открытию новых возможностей коптеров, их использование в различных сферах жизни, увеличение времени полета.

Беспилотные системы, способные длительное время находиться в воздухе, будут хорошим инструментом в военной и гражданской областях.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Блок-схема программы расчета



Литература:

1. Афанасьев, П. П. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования./ П. П. Афанасьев, И. С. Голубев, В. Н. Новиков и др. — 2-е изд., перераб. — М.:2008. — 656с.
2. Ганин, С. М. Беспилотные летательные аппараты/С.М.Ганин, А. В. Карпенко и др. — СПб:1999. — 160с.
3. wikipedia.org: свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. — М.: Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>., доступ свободный. — (дата обращения 22.10.2015)

Совершенствование рудничного электровозного транспорта на базе автоматизации

Лакота Ольга Борисовна, кандидат технических наук, доцент;

Елихин Александр Сергеевич, студент

Санкт-Петербургский национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

В системе транспортирования горной массы по горизонтальным выработкам рудничный электровозный транспорт занимает доминирующее положение. Он многофункционален, имеет наибольший коэффициент полезного действия, обладает высокой экологичностью. Однако опыт его эксплуатации выявил ряд существенных недостатков. К ним относятся: высокий травматизм, низкий срок службы электромеханического оборудования подвижного состава, что влияет на необоснованное увеличение эксплуатационных затрат.

Указанные обстоятельства определяли и определяют необходимость и целесообразность совершенствования технических средств рудничного электровозного транспорта. Создавались новые системы привода электровозов, системы дистанционного управления движением поездов в местах погрузочно-разгрузочных работ, системы задания и реализации маршрутов следования составов к местам погрузки и разгрузки горной массы. Но при их разработке не учитывались особенности работы систем тягового электроснабжения, светофорной сигнализации, показатели надежности погрузочных, разгрузочных пунктов, особенности работы смежных добычных и перерабатывающих комплексов. Поэтому совершенствование отдельных узлов рудничного электровозного транспорта не давало положительных результатов.

Эффективным направлением рудничного электровозного транспорта является автоматизация, направленная на обеспечение его работы без постоянного присутствия обслуживающего персонала, в том числе, машинистов электровозов.

Следует отметить, что первые работы по обоснованию и разработке систем автоматизации рудничного электровозного транспорта опубликованы в 50-тых годах прошлого столетия в работах профессора Ленинградского горного института (ныне Горный университет) Рысьева Анатолия Васильевича. В последующие годы на основе системного анализа предложены взаимосвязанные системы автоматического пуска поездов, исключения их столкно-

вений, задания и реализации рациональных маршрутов следования составов.

Предложено рассматривать автоматический пуск поездов в два этапа:

1. Трогание «собранного» поезда с места, характеризующееся повагонным началом движения состава и наличием значительных динамических усилий в сцепных устройствах, которые в несколько раз превышают допустимые по условию усталостной прочности.

В результате проведенных исследований разработана методика определения рационального закона изменения тягового усилия при трогании «собранного» состава с места. Его реализация с применением средств автоматики обеспечила равенство эквивалентных усилий в сцепных устройствах поездов на уровне величины, ограниченной заданным предприятием-изготовителем сроке службы.

2. Разгон «растянутого» поезда до заданной скорости, характеризующейся отсутствием зазора в сцепных устройствах и наличием переменного сцепления колес электровоза с рельсами, что является специфической особенностью рельсового пути горных предприятий. Это определяет повышенное боксование колес электровоза, а следовательно, увеличенное потребление электроэнергии (до 40% от общего потребления), частый выход из строя тяговых двигателей, повышенный износ бандажей колес электровозов.

Разработана и прошла промышленную апробацию автоматическая система пуска поездов (АСП), обеспечивающая назначенный срок службы сцепных устройств вагонетки поезда, реализацию силы тяги электровоза в зоне упругого скольжения. Срок службы тяговых двигателей увеличен в 4 раза. Уменьшилось потребление энергии на 30%.

Одной из главных систем автоматизации рудничного электровозного транспорта является автоматическая система исключения столкновений поездов (АСИС) при их следовании по разветвленной транспортной сети откаточного горизонта. Действие АСИС основано на раз-

биении транспортной сети на контролируемые и управляемые блок-участки. На каждом блок-участке может находиться только один поезд. При наличии аварийной ситуации останов поезда осуществляется автоматически путем подачи специального сигнала на электровоз или отключением напряжения на блок-участке. Протяженность блок-участка рассчитана на размещение поезда (длина поезда l_n), наличие требуемого пути торможения (l_r) и гарантированного расстояния, обеспечивающего безостановочное движение поездов по секционированной транспортной сети откаточного горизонта.

Разработана методика расчета параметров секционированной транспортной сети и предложены на уровне изобретений разнообразные схемы расположения точечных датчиков контроля местонахождения поездов. В настоящее время предложены три типа подсистем блокировки

блок-участков, отличающиеся расположением датчиков, принципом работы устройств блокировки и функциями систем аварийного останова следующих друг за другом поездов.

Предлагается усовершенствованное устройство блокировки блок-участков секционированной контактной сети.

Известно устройство блокировки занятости блок-участков секционированной контактной сети [1], функционирование которого основано на применении релейной схемы управления. Данное устройство входит в систему автоматического управления движением поездов рудничной электровозной откатки.

Структурная схема подсистемы блокировки блок-участков секционированной транспортной сети откаточного горизонта представлена на рис.1.

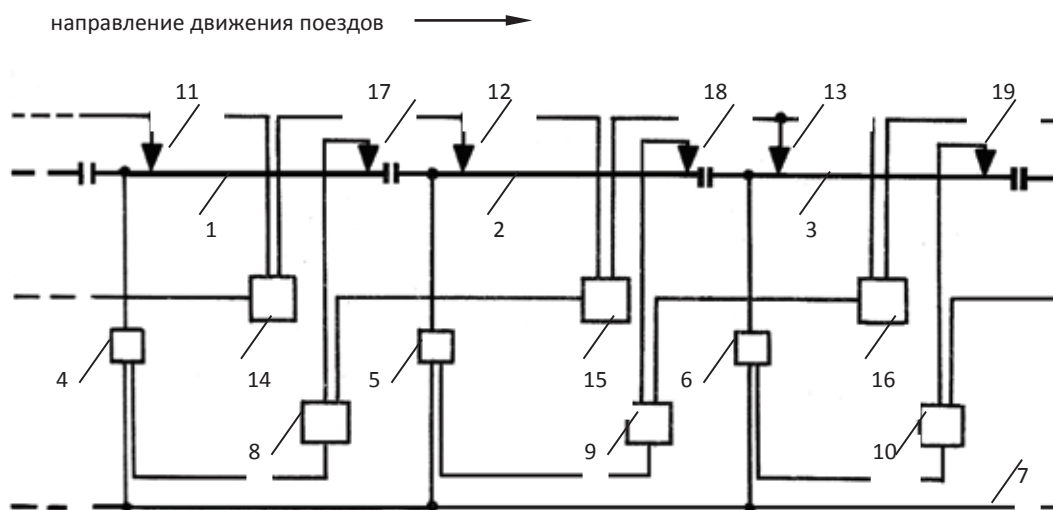


Рис. 1. Структурная схема подсистемы блокировки блок-участков

Принцип работы предлагаемого устройства заключается в следующем. Безопасность движения следующих друг за другом поездов по секционированной транспортной сети осуществляется за счет создания между ними безопасного расстояния

$$\Delta l_{min} \geq l_n + l_r + l_g, \tag{1}$$

где Δl_{min} — минимальное безопасное расстояние между поездами П1 и П2, движущимися по смежным блок-участкам, м; l_n — длина состава поезда, м; l_r — гарантированное расстояние блок-участка, обеспечивающее безостановочное движение поездов, м; l_g — минимальное расстояние тормозного пути поезда, м.

Изначально все секции 1,2,3 контактной сети находятся под напряжением и подключены к общей сети электроснабжения 7. Выполнение условия (1) является нормальным режимом движения поездов, при котором каждая изолированная секция контактной сети подключена к общей сети электроснабжения через соответствующий управляемый

выключатель (4,5,6). На каждом блок-участке располагается по два путевых датчика: первый датчик (11,12,13) — путевой датчик движения, расположен от начала изолированной секции на расстоянии, равном длине состава поезда l_n ; второй датчик (17,18,19) расположен от конца секции на расстоянии, равном длине тормозного пути l_r поезда.

В случае опасности возникновения аварийной ситуации, т.е. при невыполнении условия (1), а именно, при

$$\Delta l_{min} < l_n + l_r + l_g, \tag{2}$$

изолированная секция контактной сети, расположенная между движущимися друг за другом поездами, автоматически отключается с помощью управляемого выключателя. Вслед идущий поезд автоматически затормаживается, не выезжая на занятую предыдущим поездом секцию, чем обеспечивается исключение столкновения поездов. Каждый электровоз оснащен системой автоматического торможения поезда [2].

После освобождения предыдущим поездом занятой секции, и выезде его на последующую, а также при вы-

полнении условия (1), вслед идущий поезд может выезжать на указанную секцию. При этом восстанавливается нормальный режим движения поездов по транспортным путям откаточного горизонта.

Циклограмма работы автоматического устройства в случае необходимости отключения изолированной секции контактной сети между поездами с помощью автоматического выключателя B_i представлена на рис.2.

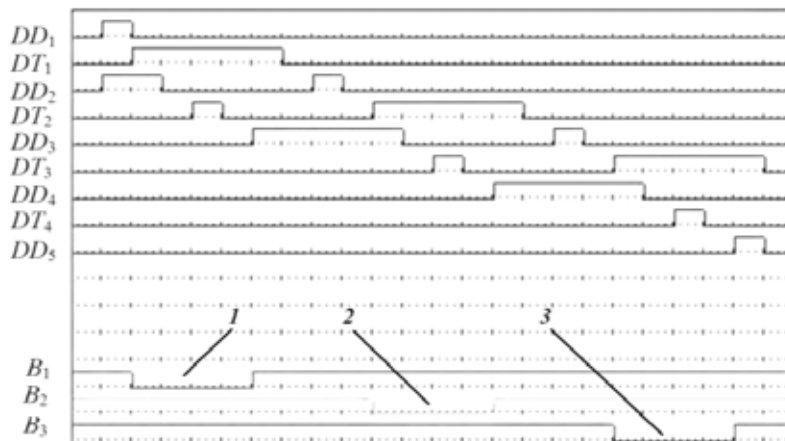


Рис. 2. Циклограмма работы автоматического устройства

На основе использования метода циклограмм (рис.2) составлено логическое выражение для выходного сигнала управляемого выключателя B_i соответствующей i -ой изолированной секции контактной сети с учетом сигналов от датчика движения DD и датчика торможения DT .

$$B_i = DT_i \wedge (DD_{i+1} \vee (\overline{B_{i-1}} \wedge \overline{DD_{i+2}})) \quad (3)$$

где B_i — управляемый выключатель соответствующей i -ой изолированной секции контактной сети;
 DD_i — датчик движения поезда на i -м блок-участке;

DT_i — датчик торможения поезда на i -м блок-участке.
 Автоматическое устройство обеспечения безопасности движения поездов рудничного электровозного транспорта было реализовано на базе программируемого логического контроллера Simatic S7–400 фирмы Siemens с использованием программного обеспечения Simatic Step 7.

Применение программируемого логического контроллера взамен релейной схемы позволяет снизить время реакции автоматической системы безопасности движения на возникшую транспортную ситуацию, повысить пропускную способность и безопасность движения поездов рудничного электровозного транспорта.

Литература:

1. А.с.1172803.Устройство блокировки занятости блок-участков контактной сети / В.Н. Кордаков, О.Б. Лакота. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 30.
2. Б.Г. Анискин, В.Н. Кордаков, О.Б. Лакота. Электровозный транспорт на горных предприятиях, проблемы и решения. Журнал «Горные машины и автоматика». Москва, 2003 г. № 15, с.13.
3. А.с. 935330. Устройство для торможения электровоза / В.Н. Кордаков, О.Б. Лакота — Оpubл. в БИ., 1982, № 22.

Определение структуры затрат рабочего времени в монолитных работах

Майстренко Илья Олегович, студент

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого

Ключевые слова: метод моментных наблюдений, монолитные работы, затраты рабочего времени.

В данном экспериментальном исследовании используется метод моментных наблюдений.

ММН — метод, который позволяет анализировать затраты рабочего времени и количественно описать сте-

пень загрузки сотрудников и использования машин и механизмов.

Идея метода — проведение краткосрочных иррегулярных наблюдений и на основании полученных данных определение удельного веса и абсолютных значений потерь и затрат рабочего времени. ММН основан на законе больших чисел, в соответствии с которым средние значения результатов мало зависят от результатов выборочных наблюдений при достаточном количестве таких наблюдений.

В данном исследовании выбран метод моментных наблюдений т.к. имеет ряд преимуществ:

1. Невысокая трудоёмкость проведения эксперимента.
2. Простота обработки результатов.
3. Возможность охватить большой круг наблюдаемых сотрудников одним наблюдателем.
4. Хаотичность наблюдений не влияет на результаты.
5. Наблюдения могут вести неподготовленные люди.
6. Осуществление наблюдений ведется без применения специальных технических средств.

Недостатком метода является получение только усредненных результатов распределения рабочего времени.

Важнейший фактор при исследовании — количество наблюдений; оно должно быть достаточным для обеспечения надежности результатов, и, в то же время, нужно стремиться его минимизировать для снижения трудоёмкости проведения наблюдений. Необходимое и достаточное количество наблюдений (M) определяется по формуле [1, с. 56]:

$$M = \frac{t^2(1 - K) * 100^2}{K * p^2}$$

$$M = \frac{1,7^2(1 - 0,65) * 100^2}{0,65 * 8^2} = 243,2 = 244$$

где:

K — ориентировочный коэффициент полезного использования рабочего времени;

p — допустимая величина ошибки результатов наблюдения, %;

t — коэффициент доверительной вероятности (коэффициент доверия).

Величина K берется на основе эмпирических данных. В данном исследовании принимается $K=0,65$. Допустимая величина ошибки результатов наблюдения обычно принимается 3–10%. В рассматриваемом случае монолитных работ принимается $p=8\%$; $t=1,7$ (соответствующая ему доверительная вероятность — 0,92) т.к. это несерийное единичное производство [2, с. 73].

Проведение эксперимента

Эксперимент проводится в 4 этапа.

1. Подготовка.
2. Осуществление наблюдений.
3. Обработка результатов.
4. Определение и использование резервов времени.

Во время подготовки эксперимента определяется цель и выбор объектов наблюдения, количество обходов; точка либо маршрут наблюдений.

$$Q = \frac{M}{N}$$

$$Q = \frac{244}{16} = 15,3 = 16$$

Где N — количество сотрудников, за которыми будут проводиться наблюдения.

Моментные наблюдения осуществляются двумя сотрудниками — автором (должность — производитель работ) и помощником (должность — крановщик). В соответствии с запланированным графиком, наблюдатель занимает положение, при котором видит всех рабочих (производитель работ — монтажный горизонт; крановщик — кабина БК) и последовательно по списку (рабочий список — поименный) отмечает вид деятельности каждого объекта в ведомость выборочных наблюдений (ВВР). В случае, если звено не занимается своими непосредственными обязанностями в силу объективных причин (например, во время обхода не ведется работ по укладке бетонной смеси т.к. по плану нет заливки, звено бетонщиков направлено в помощь арматурщикам), то операции данного звена следует идентифицировать с точки зрения новых обязанностей, но в ВВР этого не отображать (считать резку арматурных стержней основной операцией для бетонщика).

Обработка результатов включает в себя подсчет зафиксированных моментов, определяется процентное отношение для каждого вида деятельности.

Место проведения эксперимента: Санкт-Петербург, улица Крыленко, д. 1 лит. А. Объект «Многokвартирный жилой комплекс со встроенно-пристроенными помещениями и встроенным подземным гаражом».

Суть эксперимента — проведение наблюдений за бригадой во время возведения монолитной железобетонной плиты перекрытия над 11 этажом, определить загруженность рабочих и резерв времени.

Во время работ использовался башенный кран Terex СТТ 161А-6 TS с элементом питания 18 АРС 30 мощностью 18кВт.

После статистической обработки получается следующие результаты:

Таблица 2. Распределение рабочего времени при использовании крана БК Terex СТТ 161А-6 TS

Вид процесса	Кол-во наблюдений, шт.	Доля от общего числа наблюдений	Основное время	Затраченное время
Основная деятельность (О)	123	48%	48%	-
Вспомогательная (В)	31	12%	12%	-
Дополнительная (Д)	21	8%	-	8%
Технологические перерывы (ТП)	17	7%	7%	-
Вынужденные простои (ВП)	23	9%	-	9%
Потери по вине рабочего (ПВР)	41	16%	-	16%
Итого наблюдений	256	100%	67%	33%

Как видно из таблицы 2, вынужденные простои и потери времени по вине рабочих в один момент наблюдения — связаны. Наблюдается социальное явление, при котором падает производительность единичного работ-

ника при падении общей производительности. Т. е. человек, видя, что его коллега, напарник не занят делом, теряет мотивацию к работе.

Литература:

1. Е. П. Егоршин, А. К. Зайцев. Организация труда персоналом, 2008, 320 с.
2. Л. В. Мисникова. Организация труда, 2004, 302 с.

Экранный эффект: разработка экспериментальной методики определения аэродинамических характеристик моделей с учетом влияния экрана

Марашан Максим Владимирович, студент
 Научный руководитель: Голубев А. Г., старший преподаватель
 Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Представлена методика экспериментального определения аэродинамических характеристик тел с учетом экранного эффекта в аэродинамической трубе Т-500 МГТУ им. Н. Э. Баумана. В качестве объекта экспериментального аэродинамического исследования выбран профиль В-12 симм. ЦАГИ. В результате обработки опытных данных для профиля получены зависимости коэффициентов нормальной силы от расстояния от носка до поверхности экрана.

Ключевые слова: экраноплан, дренажный эксперимент, экранный эффект, аэродинамическая труба, аэродинамические характеристики.

Экранный эффект — это эффект увеличения подъемной силы ЛА во время движения около опорной поверхности, называемой экраном (вода, земля, лед).

Экранопланы имеют повышенную грузоподъемность по сравнению с самолетами, большую крейсерскую скорость по сравнению с грузовыми кораблями, поэтому экранопланы могут заполнить важный участок в транспортных системах, являясь промежуточным звеном между обычным самолетом и кораблем [1]. Использование экранопланов может решить проблемы, связанные

с транспортировкой грузов по крупным рекам, в акваториях морей, транспортной связи с Крымом, а также для транспортировки грузов и полярников на Северный полюс.

Крыло и корпус экранопланов дополнительно увеличивают подъемную силу за счёт повышенного давления под нижней плоскостью. Эффект экрана связан с тем, что возмущения от крыла достигают поверхности экрана, отражаются и успевают дойти до крыла. Скорость распространения возмущений давления равна скорости звука.

Соответственно, проявление экранного эффекта начинается при высоте полета над экраном h :

$$h \leq \frac{b+a}{2+v} \quad (1)$$

где b — хорда крыла, a — скорость звука, h — расстояние от поверхности крыла до экрана, v — скорость полёта.

С другой стороны, существуют оценки, по которым экранный эффект проявляется высотах, соизмеримых с половиной длины средней аэродинамической хорды (САХ) крыла [2].

Целью работы является разработка экспериментальной методики определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов, учитывающая в первом приближении влияние экранного эффекта в аэродинамической трубе *T-500 МГТУ им. Н.Э. Баумана*.

Аэродинамические характеристики ЛА могут определяться экспериментальными и расчетными методами. Количество известных эмпирических зависимостей, позволяющих учитывать влияние экранного эффекта на АДХ, весьма ограничено [3]. Численные методы аэродинамики, используемые в специальных расчетных программах (SW Flow Simulation, Ansys Fluent) на сегодняшний день не являются надежным средством опре-

деления аэродинамических характеристик моделей. Это связано в первую очередь с полуэмпирическим характером моделей турбулентности, используемых в расчетах. Использование натурального эксперимента сопряжено со значительными материальными и календарными затратами, невозможно для еще не созданных летательных аппаратов. Поэтому испытания его моделей в аэродинамических трубах остается основным используемым средством для определения аэродинамических характеристик ЛА. В данной работе для определения АДХ используется дренажный эксперимент. Данный метод исследования позволяет получать эпюры распределения нормального давления в точках, в которых расположены дренажные отверстия, и тем самым построить физическую модель возникновения экранного эффекта. Такой метод не позволяет измерить значение трения, но его прямой вклад в величины АДХ рассматриваемого в работе тела незначителен [4]. С помощью дренажного эксперимента удобно рассматривать влияние изменяющейся эпюры распределения давления на изменение коэффициента нормальной силы.

Для учета влияния «эффекта экрана» в рабочую часть трубы введена плоская экранирующая поверхность. На рис. 1 представлены фотографии модели дренированного профиля В-12 симм. ЦАГИ [5] в рабочей части трубы.

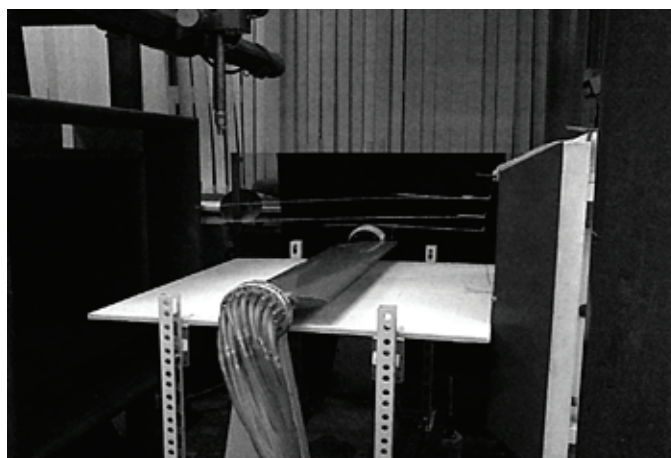


Рис. 1. Дренажная модель с экранирующей поверхностью в рабочей части трубы

Скорость потока в рабочей части аэродинамической трубы, при которой проводились исследования, составила $V \approx 30$ м/с, что соответствует числу Рейнольдса $Re \approx 376\,000$, рассчитанному по средней аэродинамической хорде крыла модели ($b=0,2$ м). В соответствии с формулой (1) влияние экранного эффекта при данной скорости V и данной длине хорды b должно начать проявляться на высоте $h \approx 1,05$ м. Из-за ограниченных габаритов рабочей части аэродинамической трубы исследовать степень влияния на этой высоте не представляется возможным.

На рис.2 представлены эпюры распределения давления на профиле крыла, полученные при обдувке с экранирующей поверхностью и без неё.

Полученные в результате обработки опытных данных зависимости коэффициентов нормальной силы от высоты носка до экранирующей поверхности, включая значение коэффициента профиля, бесконечно удаленного от экрана (без экрана), при угле атаки $\alpha=5^\circ$ представлены на рис. 3.

Полученные результаты показывают, что наличие экранирующей поверхности существенно влияет на величину коэффициента нормальной силы профиля C_y . Так, $C_y \approx 0,52$ при $\alpha=5^\circ$ и $h = 0,17$ м, $C_y \approx 0,36$ при $h = 0,67$ м, $C_y \approx 0,34$ при $h = 0,97$ м ($\sim b/2$), при отсутствии экрана $C_y \approx 0,32$ при $\alpha=5^\circ$ и $h \rightarrow \infty$. На высоте, близкой к половине хорды значение C_y отличается от значения на высоте, бесконечно удаленной от экрана на 6,5%. Учи-

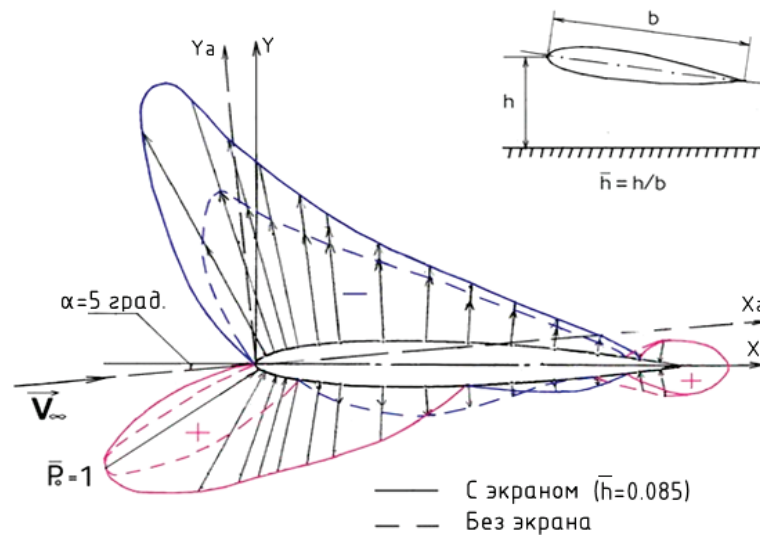


Рис. 2. Эпюры распределения давления с экраном и без экрана

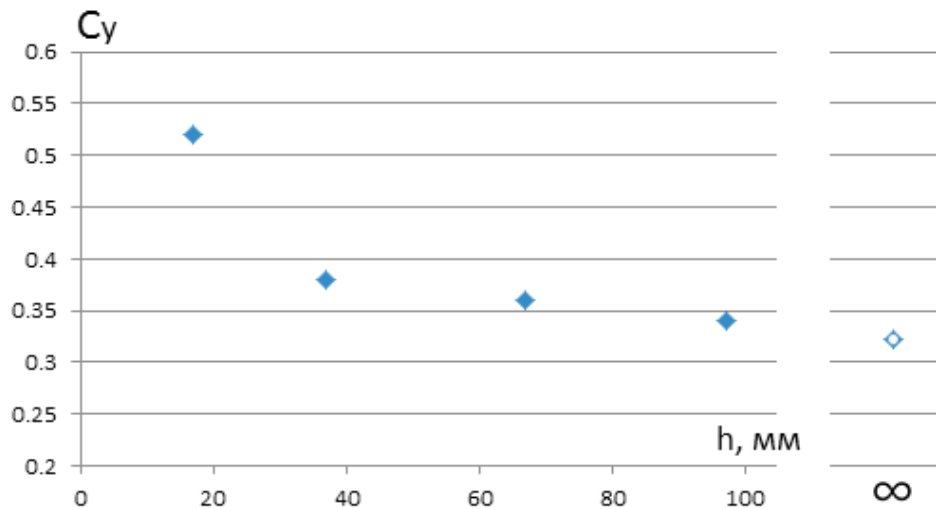


Рис. 3. Зависимость коэффициента нормальной силы от высоты над экраном

тывая монотонность зависимости $C_y(h)$ можно отметить, что распространённая оценка о влиянии экранного эффекта на высоте половины хорды справедлива и для данного эксперимента; влияние экрана на высотах больших $b/2$ можно не учитывать.

По различию эпюр следует отметить, что помимо повышения давления на нижней поверхности профиля на увеличение коэффициента давления влияет также разрежение давления на верхней поверхности, обусловленное увеличением скорости потока вдоль верхней поверхности благодаря увеличению градиента давления за счет снижения давления у задней кромки на верхней поверхности. Это понижение давления вызвано увеличением скорости потока, выходящего между экраном и задней кромкой.

Методика, описанная в данной работе, позволяет получать значения аэродинамических коэффициентов с учетом влияния экранной поверхности и оценивать это влияние качественно. Однако следует понимать, что данный эксперимент не учитывает относительного перемещения изучаемой модели и экрана, а также не учитывает особенности реальной поверхности (волны на поверхности воды, сыпучесть снежной поверхности), которая является экраном для реального ЛА.

Поэтому для дальнейшего, более точного, исследования актуально создание динамической экранирующей поверхности и разработка методики определения аэродинамических характеристик модели около неплоской поверхности.

Литература:

1. A. V. Nebylov, P. A. Wilson. Ekranoplanes. Controlled flight close to the Sea. — Boston: WIT Press, 2002.

2. Н. И. Белавин. Экранопланы. — Л.: Издательство «Судостроение», 1977.
3. В. И. Жуков. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости экраноплана. — М.: Издательский отдел ЦАГИ, 1997.
4. А. Г. Голубев, В. Т. Калугин, А. Ю. Луценко, В. О. Москаленко, Е. Г. Столярова, А. И. Хлупнов, П. А. Чернуха. Аэродинамика. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.
5. Б. А. Ушаков, П. П. Красильщиков, А. К. Волков, А. Н. Гржегоржевский. Атлас аэродинамических характеристик профилей крыльев. — М.: БНТ НКЕАП при ЦАГИ, 1944.

Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия

Недвиг Екатерина Сергеевна, аспирант;
Соловьева Кристина Игоревна, магистрант;
Киселев Сергей Сергеевич, магистрант
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В статье представлена информация о способах огнезащиты металлических и железобетонных строительных конструкций.

Ключевые слова: огнезащита, строительные конструкции, огнестойкость, огневое воздействие, пожарная безопасность, способы защиты.

Строительные конструкции зданий и сооружений при нормальных условиях эксплуатации сохраняют необходимые рабочие качества в течение десятков лет. В условиях огневого воздействия конструкции достаточно быстро утрачивают свои эксплуатационные свойства, теряют несущую и теплоизолирующую способность, а также целостность. Воздействие высоких температур во время пожара и прилагаемые на конструкции нагрузки интенсивно развивают температурные деформации и деформации ползучести, что приводит к быстрой потере устойчивости [1].

Частые происшествия, связанные с возникновением пожаров в зданиях обуславливают необходимость введения комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Огнезащита строительных конструкций является составной частью системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в части организации геометрической неизменяемости и устойчивости конструкций при пожаре [2].

Основная задача огнезащиты строительных конструкций состоит не в устранении пожара, а в ограничении распространения огня и продуктов горения, а также уменьшения их влияния на несущие конструкции.

При этом решаются две главные задачи: повышается эксплуатационная устойчивость зданий и сооружений за счет увеличения огнестойкости строительных конструкций; во-вторых, предотвращается распространение огня и продуктов горения, что обеспечивает безопасную эвакуацию из горящего объекта [3].

К несущим элементам здания или сооружения относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость, геометрическую неизменяемость при пожаре: несущие стены, колонны, балки перекрытий, ригели, фермы, рамы, арки, связи, диафрагмы жесткости и т.п.

Классификация зданий по степени огнестойкости осуществляется в соответствии с существующими отраслевыми нормами и правилами и зависит от назначения зданий, их площади, этажности, взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности производств, а также функциональных процессов [4].

За предел огнестойкости строительных конструкций принимается время (в минутах) от начала стандартного огневого воздействия до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости:

— по потере несущей способности (R) конструкций и узлов (обрушение или прогиб в зависимости от типа конструкции);

— по теплоизолирующей способности (I) — повышение температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 160°C, или в любой точке этой поверхности более чем на 190°C по сравнению с температурой конструкции до нагрева, или прогрев конструкции более чем на 220°C независимо от температуры конструкции до огневого воздействия;

— по целостности (E) — образование в конструкции сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Способы огнезащиты конструкций разнообразны и включают конструктивные методы — методы создания на поверхности элементов разного рода теплозащитных экранов, физико-химические и технологические приемы, направленные на снижение пожарной опасности материалов [5].

Способы огнезащиты металлических конструкций

Для металлоконструкций характерно снижение жесткости и прочности с последующим переходом в пла-

стичное состояние. С целью повышения предела огнестойкости металлоконструкций применяют:

1. Обетонирование, облицовка из кирпича

Применение огнезащиты металлических конструкций при помощи бетона и кирпичной кладки наиболее рационально, когда одновременно с огнезащитой конструкций требуется произвести их усиление, например, при реконструкции зданий.

Кирпичную облицовку применяют для огнезащиты вертикально расположенных конструкций. Армирование огнезащитной облицовки из кирпича назначают с учетом усиления связи в углах кирпичной кладки. Диаметр стержней арматуры принимают не более 8 мм. При использовании облицовки из кирпича следует выполнять защиту металлоконструкций от коррозии в соответствии со СНиП 2.03.11–85.

Армирование огнезащитного слоя бетона может быть разнообразным в зависимости от толщины слоя и требуемой степени усиления конструкции.

Облицовки из бетона и кирпичной кладки обеспечивают максимально возможный предел огнестойкости, они устойчивы к атмосферным воздействиям и агрессивным средам. Но эти способы огнезащиты связаны с трудоемкими опалубочными и арматурными работами, малопродуктивны, значительно утяжеляют каркас здания и увеличивают сроки строительства. Кроме того, эти способы неприменимы для огнезащиты несущих конструкций перекрытий (фермы, балки) и связей по колоннам и фермам.

Согласно рекомендациям ЦНИИСК им. Кучеренко, ориентировочные значения толщины огнезащитного слоя бетона, необходимого для обеспечения предела огнестойкости стальных конструкций от 0,75 до 2,5 ч., составляют от 20 до 60 мм [6].

2. Листовые и плитные облицовки и экраны

Для устройства облицовок металлических конструкций могут использоваться листовые и плитные теплоизоляционные материалы, например, гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлито-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита. Для крепления листовых и плитных материалов к металлической конструкции приваривают крепежные элементы (стальные пластины, уголки, штыри). Устройство данного средства огнезащиты не требует очистки поверхности защищаемых конструкций от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий.

По данным ВНИИПО и ЦНИИСК им. Кучеренко, с помощью листовых и плитных облицовок обеспечивается предел огнестойкости до 2,5 часов.

Листовые и плитные облицовки и экраны практически применимы для колонн, стоек и балок. Но для ферм перекрытия и связей применение этих средств огнезащиты не рационально. Так же ограничивают применение листовых и плитных облицовок значительный перерасход материала при низком уровне требуемых пределов огнестойкости защищаемых конструкций и высокий уровень паропроницаемости [7].

3. Штукатурки

Использование цементно-песчаной штукатурки обусловлено такими преимуществами, как низкая стоимость материалов для приготовления состава, обеспечение значительного предела огнестойкости защищаемой конструкции (до 2,5 часов), устойчивость к атмосферным воздействиям.

В то же время данное средство огнезащиты имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение. К ним относятся: большая трудоемкость работ по нанесению покрытия из-за необходимости армирования стальной сеткой; увеличение нагрузок на фундаменты зданий за счет утяжеления каркаса; необходимость применения антикоррозионных составов.

Кроме того, штукатурки не отвечают эстетическим требованиям и не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т.д.).

Стремление снизить массу штукатурного покрытия привело к разработке легких штукатурок с содержанием асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений и других материалов. Однако снижение массы приводит к появлению недостатков, свойственных облегченным штукатуркам: снижение конструктивной прочности, недостаточная адгезия к покрываемой поверхности. Следует отметить, что штукатурные смеси на жидком стекле, извести и гипсе могут использоваться в помещениях с относительной влажностью не более 60%.

4. Огнезащитные составы терморасширяющегося типа

Составы терморасширяющегося типа являются одним из перспективных направлений огнезащиты. Действие их основано на вспучивании нанесенного покрытия под воздействием высоких температур (170–250°C) и образовании пористого теплоизолирующего слоя. При этом огнезащитное покрытие толщиной от 0,5 до 2 мм увеличивается в объеме в 10–40 раз и обеспечивает огнезащитную эффективность от 0,5 до 1,5 часа.

Следует отметить, что нанесение огнезащитных составов производится на грунт, указанный в сертификате пожарной безопасности. Перед нанесением огнезащитных составов необходимо произвести очистку поверхности защищаемой конструкции от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий, ржавчины, обезжирить и прогрунтовать. Вододисперсионные огнезащитные составы применяются для защиты металлических конструкций в закрытых помещениях с влажностью до 85%. Допускается кратковременное воздействие на них распыленной воды. Помимо этого, существуют атмосферостойкие огнезащитные составы на органическом растворителе. Важно и то, что огнезащитные составы могут быть применены для огнезащиты металлических конструкций конфигурации любой сложности [8].

Способы огнезащиты железобетонных конструкций

При нагреве бетон уменьшает свою жесткость и прочность. Кроме того, происходит его дегидратация, сопро-

вождающаяся переносом массы пара. Бетон повышенной влажности испытывает взрывообразное разрушение при огневом воздействии. Повысить огнестойкость железобетонных конструкций до требуемых пределов можно двумя способами:

- увеличение толщины защитного слоя бетона;
- облицовка огнезащитными материалами, которые одновременно обладают и теплоизолирующими свойствами.

Рассмотрим основные способы огнезащиты бетонных и железобетонных конструкций.

1. Обетонирование — нанесение дополнительного слоя бетона

Приводит к увеличению веса, размера и прочности защищаемого элемента. Очевидно, предел огнестойкости при этом не может превышать максимально возможного предела огнестойкости для любых бетонных (железобетонных) конструкций — 150 минут. Для максимального увеличения прочности для бетонирования желательнее использовать те же марки бетона, что и в основной конструкции, армировать наносимый слой бетона арматурной сеткой и соединять новые элементы арматуры со старыми. Этот способ огнезащиты бетона довольно трудоемкий. Его целесообразно применять для старых конструкций, которые из-за частичного разрушения поверхности вследствие коррозии бетона требуется укрепить.

Существует альтернативный способ укрепления бетонных конструкций — армирование углеродными тканями на эпоксидном связующем, этот способ, в отличие от обетонирования, не приводит к значительному увеличению веса укрепляемой конструкции, но при этом потребуются не просто огнезащита бетона, а огнезащита углеродной ткани — нанесение другого огнезащитного покрытия с учетом низкой термоустойчивости такого армирования.

2. Нанесение тонкослойных огнезащитных составов (красок)

Является довольно простым видом огнезащиты бетонных (железобетонных) и других строительных конструкций. Работа с ними не требует специальной подготовки персонала, они практически не увеличивают вес защищаемых конструкций. При нагревании эти огнезащитные покрытия увеличиваются в объеме и создают плотный пористый слой со слабой теплопроводностью. Лучшие тонкослойные огнезащитные составы могут обеспечивать эффективность огнезащиты бетона до 150 минут. Нанесение штукатурных огнезащитных составов обеспечивает эффективность огнезащиты бетона до 240 минут. В условиях повышенных вибраций требуется армирование металлической сеткой. В некоторых случаях может оказаться критичным то, что покрытие, образованное штукатурным составом, имеет довольно большой вес.

Литература:

1. Белов, В.В. Огнестойкость железобетонных конструкций: модели и методы расчета / В.В. Белов, К.В. Семенов, И.А. Ренев // Инженерно-строительный журнал. — 2010. — № 6. — с. 58–61.

3. Облицовка плитами или листами из огнезащитных материалов

Позволяет получить эффективность огнезащиты бетона до 360 минут. Такие плиты или листы делают с использованием наполнителей из вспучивающихся (перлит, вермикулит) или огнестойких материалов (керамзит), минеральных волокон (силикатных, базальтовых, диабазовых), волокон из других материалов (каолиновых, кремнеземистых, кварцевых). Существуют влагоустойчивые огнезащитные плиты и листовые материалы. Некоторые из таких материалов имеют большой вес и, соответственно, их применение может привести к значительному увеличению веса защищаемой конструкции. Важным элементом этого способа огнезащиты бетона являются крепления огнезащитного материала, которые должны надежно удерживать материал не только в обычных условиях, но и при пожаре как минимум в течение требуемого времени огнезащитной эффективности для данной конструкции. Снижение прочности, деформация и разрушение элементов крепления при нагревании может привести к отслоению плит или листов огнезащитного материала и появлению щелей между ними, в результате огонь проникнет к защищаемой поверхности.

Разновидностью этого способа огнезащиты является обкладка кирпичом, но в настоящее время кирпич для этой цели применяется редко, т.к. уступает по огнезащитной эффективности плитам из современных материалов, специально разработанных для огнезащиты бетона и других поверхностей, и этот способ огнезащиты более трудоемкий по сравнению с другими [9].

Если просчитать работу железобетонной конструкции при огневом воздействии, при необходимости увеличить диаметры арматуры и защитные слои, то можно обойтись без конструктивной огнезащиты.

За последние десять лет произошло ужесточение нормативных требований к огнестойкости строительных конструкций и инженерных сетей, что нашло отражение в материалах федерального закона ФЗ № 123 от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [10].

Применение огнезащиты строительных конструкций, а также расчеты конструкций на огневое воздействие стали обязательными в большинстве случаев.

Конструкции без огнезащиты деформируются и разрушаются под действием напряжений от внешних нагрузок и температуры. Огнезащита, блокирующая тепловой поток от огня к поверхности конструкций, позволяет сохранить их работоспособность в течение заданного времени.

Выбор вида огнезащиты осуществляется с учетом режима эксплуатации объекта защиты и установленных сроков эксплуатации огнезащитного покрытия.

2. Курлапов, Д. В. Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции/ Д. В. Курлапов// Инженерно-строительный журнал. — 2009. — № 4. — с. 41–43.
3. Романенков, И. Г., Левитес Ф. А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1991. 320 с.
4. Гогоберидзе, Н. В., Благодарова Н. В. К вопросу автоматизации системы определения предела огнестойкости строительных конструкций // Инженерный вестник дона. 2012. № 4–1 (22). с. 100–103.
5. Расчетный метод определения пределов огнестойкости металлоконструкций, покрытых вспучивающимся огнезащитным составом/Н. М. Бессонов, Т. Ю. Еремина, Ю. Н. Дмитриева, М. В. Крашенинникова//Пожарная безопасность. 2007. № 1. с. 22–28
6. Ройтман, М. Я. Противопожарное нормирование в строительстве. М.: Стройиздат., 1985.
7. Благодарова, Н. В., Фан Ань. К вопросу определения предела огнестойкости строительных конструкций // Материалы Международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение», выпуск IX (Ростов-на-Дону — Шепси, 2007 г.), — ЮРО РААСН, 2007 — с. 241–242.
8. Милованов, А. Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. М.: Стройиздат, 1998. 304 с.
9. Тонкослойная огнезащита бетона/Ю. В. Кривцов, О. Б. Ламкин, В. В. Рубцов, Р. Ш. Габдулин//Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 6. с. 42–43.
10. ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ст. 35.

Применение методов неразрушающего контроля при диагностике металлоконструкций подъемных сооружений

Офрим Алексей Васильевич, эксперт;
Черепанов Кирилл Владиславович, дефектоскопист II уровня;
Хижняков Павел Валерьевич, дефектоскопист II уровня
ООО «Техническая экспертиза и диагностика» (г. Пятигорск, Ставропольский край)

Рассмотрен вопрос использования акустико-эмиссионного метода неразрушающего контроля металлоконструкций подъемных сооружений, как способ своевременного предупреждения, локализации развивающихся дефектов и обеспечения безопасной эксплуатации подъемных технических устройств.

При осуществлении экспертизы промышленной безопасности подъемных механизмов обязательно используются методы неразрушающего контроля. Это необходимо для полноценного и достоверного анализа технического состояния металлоконструкций. Применение того или иного метода неразрушающего контроля, зависит от вида технического устройства и характера повреждений.

Подъемные сооружения, в основном, состоят из прокатных металлических элементов различной толщины. Эти элементы соединены с помощью сварки и крепежных деталей. Подъемные технические устройства подвержены, в процессе эксплуатации, циклическим нагрузкам, которые приводят к возникновению следующих дефектов: 1) появлению трещин в сварных швах (скрытых, сквозных, поверхностных); 2) расслоению металла; 3) механическому и коррозионному износу.

В практике технического диагностирования металлоконструкций подъемных сооружений из большого числа известных методов НК используют следующие: визуальный (ВК), визуально-оптический (ВОК), ультразвуковой (УЗК), вихретоковый (ВТК), магнитопорошковый (МПК), капиллярный (КК), радиографический (РГК) и радиоскопический (РСК).

Рассмотрим детально метод акустико-эмиссионного контроля, который применяется специалистами ООО «ТЭД», при диагностике конструкций козловых кранов.

Метод акустической эмиссии основан на физическом явлении излучения волн напряжений при быстрой локальной перестройке структуры материала. Источником акустико-эмиссионных волн является переменное поле упругих напряжений от развивающихся дефектов. Спектр сигналов акустической эмиссии лежит в звуковом и ультразвуковом диапазонах. Применительно к металлоконструкциям подъемных сооружений, акустическая эмиссия в ультразвуковом диапазоне, наблюдается при наличии в конструкциях, развивающихся при нагружении трещин, то есть при техническом диагностировании металлоконструкций подъемных сооружений метод акустической эмиссии позволяет определить наличие опасных дефектов — развивающихся трещин, а при установке на конструкции нескольких датчиков — локализовать зону с дефектом. В дальнейшем точное расположение дефекта и его размеры определяют одним из перечисленных ранее методов локального неразрушающего контроля.

Повреждения, возникающие при эксплуатации козловых кранов, в первую очередь, наблюдаются в металло-

конструкциях вертикальных опор. Схема локации источников акустической эмиссии выбирается по принципу минимизации влияния ложных сигналов, возникающих на узловых соединениях опор. В ходе диагностирования необходимо обеспечивать 100%-ный АЭ контроль основного металла и сварных соединений конструкции. Для увеличения достоверности результатов АЭ необходимо использовать комбинированные схемы локации. Значительным фактором, снижающим эффективность АЭ контроля, являются шумы. С целью минимизации помех АЭ диагностика проводится на неподвижном кране. Желательно избежать источника механических шумов. Для повышения соотношения сигнал/шум и выделения полезного сигнала рекомендуем применять различные аппаратные методы устранения помех: 1) метод узкополосной фильтрации входного сигнала, 2) метод когерентных замеров, 3) аппаратные методы фильтрации в режиме постобработки.

Оценивать зарегистрированные источники АЭ необходимо по параметрам, изложенным в ПБ 03–593–03, в соответствии с которыми зарегистрированные источники АЭ разделяются на четыре класса опасности.

На подконтрольном промышленном объекте, специалистами ООО «ТЭД» при проведении акустико-эмис-

сионного контроля металлоконструкций вертикальных опор козловых кранов, были обнаружены источники АЭ 1 и 2-го классов опасности, соответствующие неразвивающимся и развивающимся дефектам (рис. 1). Пассивные неразвивающиеся источники АЭ 1-го класса опасности были обнаружены в областях болтовых соединений несущих ферм опор. Дальнейший анализ частотного спектра сигнала АЭ от данных источников показал неоднородный широкополосный характер спектра в регистрируемой рабочей полосе частот со смещением максимума в низкочастотную область. Эти данные, позволили сделать предположение о наличии сигналов, вызванных трением в месте соединения ферм. При проверке неразрушающими методами контроля мест расположения пассивных источников АЭ 1-го класса опасности, обнаружено не было. При контроле болтовых соединений обнаружена их плохая протяжка. После приведения в соответствие с техническими требованиями болтовых соединений и повторного АЭ контроля источников АЭ не зарегистрировано.

Таким образом, применение метода АЭ позволяет достоверно оценить качество болтовых соединений элементов козлового крана и точно определить их местоположение.

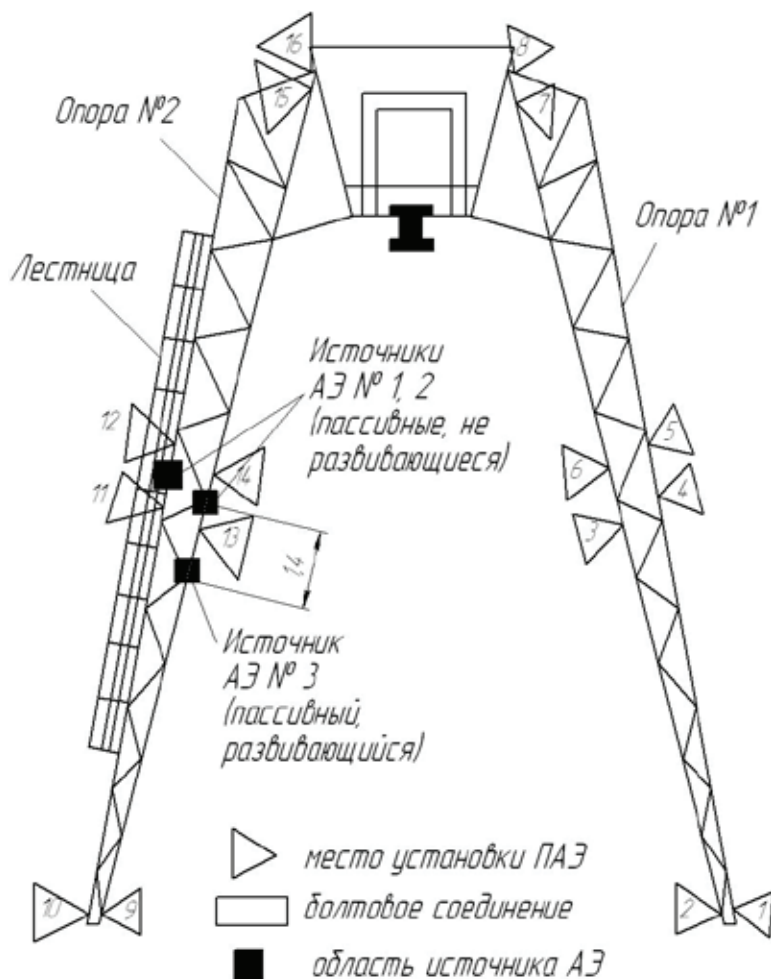


Рис. 1. Схема расстановки ПАЭ и расположения областей источников АЭ при проведении диагностирования методом акустической эмиссии опор козловых кранов

Источник АЭ 2-го класса опасности был обнаружен по характерной локационной диаграмме в одном из мест приварки раскосов к боковой ферме опоры. Частотные параметры источника АЭ соответствовали наличию трещины со смещением максимума спектра в высокочастотную область. Дополнительный дефектоскопический контроль (ДДК) основного металла и прилегающих сварных соединений на предмет выявления недопустимых дефектов в месте обнаруженного источника АЭ проводился с применением визуально-измерительного контроля (ВИК), ультразвукового контроля (УЗК), контроля проникающими веществами (КПВ) и магнитометрического контроля.

По результатам ВИК обнаружен изгиб бокового раскоса металлоконструкции. При проведении магнитометрического контроля сварных соединений методом магнитной памяти металла в области расположения

источника АЭ обнаружены зоны некомпенсированных механических напряжений. Последние являются причиной зарождения и развития трещин, которые обычными физическими методами контроля (ВИК, УЗК, КПВ) выявить очень сложно. Полученные результаты позволили специалистам ООО «ТЭД» сделать вывод о начальном процессе зарождения разрушений и необходимости ремонта сварных соединений в области выявленного источника АЭ 2-го класса опасности.

Таким образом, метод акустико-эмиссионного контроля при диагностике металлоконструкций подъемных сооружений, позволяет определить наличие в конструкциях опасных дефектов — развивающихся трещин. Это способствует своевременной локализации повреждений и безопасной эксплуатации подъемных технических устройств.

Литература:

1. Колмогоров, В.Л., Мигачев Б.А., Бурдукровский В.Г. Феноменологическая модель накопления повреждений и разрушения при различных условиях нагружения. — Екатеринбург: УрО РАН, 1994. — 104 с.
2. РД 22–28–36–01 Краны грузоподъемные. Типовые программы и методики испытаний
3. РД 22–322–02 Краны грузоподъемные. Технические условия на капитальный, полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты

Современные энергосберегающие установки для обработки жидкостей

Панов Абдулло Тиллоевич, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрен вопрос применения энергоэффективных технологий электронагрева жидкостей.

Ключевые слова: нагреватели, индукция, нагревание жидкости, диффузия, энергосбережение.

До настоящего времени различные индукционные нагреватели жидкостей создавались и, следовательно, оптимизировались по конструктивному исполнению и рабочим режимам для решения конкретной задачи повышение теплосодержания для последующего использования нагретых жидкостей в технике.

В промышленности работают такого типа установки отечественного и зарубежного исполнения. Исследование и разработка методов расчета индукционных систем нагрева жидкостей позволили создать электротехнологические установки принципиально нового типа, в которых с использованием электромагнитных полей за счет интенсификации электродиффузии и термодиффузии в десятки и сотни раз увеличиваются скорости протекания различных химических реакций [1]. Это позволяет реализовать новые электротехнологические процессы: переработка жидких отходов, опреснение морской воды, снижение жесткости воды и т.д. Рассматриваемая электротехнологическая система состоит из первичной обмотки (индуктора), внутри которой находится

магнитопровод, а с наружной стороны индуктор окружен традиционными электромагнитными экранами, которые обеспечивают преобразование электрической энергии в тепловую. Между экранами организован проток обрабатываемой жидкости. Имея формальное внешнее сходство с трансформатором, рассматриваемая индукционная установка существенно отличается протекающими электромагнитными процессами и особенностями согласования параметров индуктора и вторичной цепи. В трансформаторе первичные и вторичные обмотки располагаются близко для того, чтобы обеспечить хорошую индуктивную связь между ними. В новых устройствах индуктор специально удален от вторичной обмотки на оптимальное расстояние [1].

Вторичная обмотка выполняется в виде коаксиальных цилиндров. Вследствие этого большие поля рассеяния оказывают влияние на электромагнитные параметры системы. Здесь же необходимо отметить отличие рассматриваемой схемы от систем нагрева индукционных канальных печей. Имея много общего с канальной электропечью,

новая индукционная установка имеет вторичную цепь, создаваемую несколькими экранами — цилиндрами. При этом средний цилиндр может выполняться из короткозамкнутых колец произвольной формы для создания электромагнитного поля с оптимальными параметрами для электрофизической обработки жидкостей. Электрически кольца могут быть изолированными, соединенными последовательно (винтовое выполнение расщепленного цилиндра) или с противоположным направлением токов в соседних кольцах [2].

Использование эффекта близости токонесущих колец позволяет вводить дополнительный управляющий фактор за счет оптимизации отклонений от осе-симметричности полей. Относительно магнитного потока кольца расщепленного цилиндра оказываются расположенными последовательно, а относительно индуктора — параллельно. Различные варианты конструктивного исполнения цилиндров позволяют оптимизировать процессы взаимодействия движущейся жидкости с электромагнитным полем, в том числе за счет действия электродинамических сил с одновременным нагревом жидкости за счет кондуктивно-конвекционного теплообмена с нагреваемыми кольцами и цилиндрами [3].

Короткозамкнутые цилиндры, связанные общим магнитным потоком, формализуются как параллельно включенные сопротивления, образующие слоистую систему нагрева. При создании эффективных конструкций для нагрева и обработки жидкостей в электромагнитных полях необходимо принимать толщину цилиндров (колец) меньше глубины проникновения тока в материал цилиндра. В этом случае в процессе преобразования электрической энергии в тепловую и механическую будут участвовать все цилиндры (кольца), установленные вокруг индуктора. В процессе проведения излагаемых исследований было показано, что даже при установке пяти коаксиальных цилиндров тепловыделение в наружном цилиндре наблюдается и составляет более 10% от вво-

димой мощности. Кроме этого, выявлено новое свойство таких индукционных систем: максимальное выделение энергии наблюдается в цилиндре, для которого отношение толщины цилиндра к глубине проникновения максимально [3]. Из этого следует, что в индукционной системе, состоящей, например, из трех цилиндров одинаковой толщины, но изготовленных из разных немагнитных материалов (сталь-медь-сталь), максимальная мощность будет выделяться (до 80%) в медном цилиндре. Это свойство рассматриваемой электромагнитной системы с одновременным расщеплением среднего цилиндра на отдельные короткозамкнутые кольца произвольной конфигурации позволяют создать в рабочем пространстве градиентное интенсивное магнитное поле для электрофизической и электродинамической обработки движущейся жидкости.

При строгом подходе процессы взаимодействия движущейся жидкости с электромагнитным полем с учетом развитой термодиффузии будут иметь трехмерный характер с многопараметрическими зависимостями. Конструкция рассматриваемого устройства имеет особенности, которые позволяют принять ряд допущений, дающих возможность аналитически решить задачу расчета поля в рабочем объеме с получением интегральных параметров. Примем, что толщина концентрических слоев значительно меньше, чем высота h_i этих слоев, а расстояния между кольцами также значительно меньше высоты колец. При таких соотношениях можно считать, что в каждом слое проводящем и полупроводниковом существует одномерное синусоидальное электромагнитное поле, возбуждаемое магнитным потоком сердечника магнитопровода. Локальные отличия от одномерного характера поля будут влиять на краевые реактивные сопротивления цилиндров и на распределение плотности тока по сечению колец. Эти особенности будут учитываться в последующем путем введения дополнительных уточнений в расчет.

Литература:

1. Инкин, А. И. Расчет индукционных систем нагрева трансформаторного типа / А. И. Инкин, В. С. Чередниченко, К. В. Хацевский, С. Ю. Ивликов. — Электротехника. — 2000. — № 11 — с. 34–37.
2. Хацевский, К. В. Электронагрев жидкостей и газов в индукционных установках с коаксиальными цилиндрами. — Павлодар: ЭКО, 2002. — 120 с.
3. Хацевский, К. В. Энергоэффективные технологии электронагрева жидкостей и газов: монография / К. В. Хацевский, Т. В. Гоненко. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. — 176 с.

Технология повышения энергоэффективности электрических сетей

Панов Абдулло Тиллоевич, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассматривается вопрос применения технологий повышения энергоэффективности электрических сетей, применяя постоянный ток.

Ключевые слова: электрическая сеть, постоянный ток, энергосбережение, энергоэффективность, фаза и нагрузка сетей.

На сегодняшний день в электроснабжении существует проблема борьбы с электрическими потерями. За счет значительного роста в электроэнергетике нелинейных потребителей переменного тока (в основном на полупроводниковой элементной базе) сильно ощущаются потери при передаче электроэнергии от источника к потребителю. Они вызваны несинусоидальностью, то есть наличием высших гармонических составляющих, искажением формы тока и напряжения относительно синусоидальной [1].

Кроме того, такие потребители в большинстве своем однофазные, и равномерно распределить нагрузку по фазам не удастся, вследствие чего возникают дополнительные потери из-за поперечной несимметрии. Передача реактивной мощности вносит свой вклад в увеличение потерь и уменьшение пропускной способности линий и трансформаторов. Следует также иметь в виду, что в сетях переменного тока наблюдается эффект близости и скинэффект, которые приводят к продольной несимметрии, что снижает пропускную способность кабельных линий. Для повышения эффективности использования энергоресурсов в настоящее время чаще всего используется энергосберегающая техника и технологии. Такие технологии направлены на снижение показателей потребления и электроэнергии за счет повышения эффективности работы электрооборудования. Причина возрастания потерь остается неизменной. Более того, использование энергоэффективной техники не решает проблему сокращения потерь, а наоборот приводит к их росту, за счет внутренних преобразований, искажению показаний приборов учета электроэнергии и измерительных трансформаторов.

В сложившейся ситуации эффективность дальнейшего глобального применения трехфазного переменного тока подвергается сомнению, и все чаще встает вопрос о поиске альтернативных методов построения систем электроснабжения. Одним из таких методов может быть построение системы электроснабжения на постоянном токе. Несомненным преимуществом системы электроснабжения на постоянном токе является ее хорошая интегрируемость с солнечными батареями, накопителями энергии, входящими в состав энергоустановок, использующих возобновляемые источники энергии, современными системами освещения (включая светодиодные) и обогрева, компьютерной техникой, средствами управления «умного дома», которые либо уже получают питание на постоянном токе через встроенный выпрямитель, либо могут быть переведены на питание на постоянном токе без существенной модернизации схем электроснабжения. При модернизации схем питания бытовых электроприемников посредством перевода на постоянный ток появляется возможность уменьшить количество элементов в блоках питания, и таким образом повысить надежность электроприем-

ников, их долговечность, КПД и, как следствие, уменьшить конечную стоимость оборудования. Разработка системы электроснабжения на постоянном токе для социально-бытового сектора экономики позволит снизить потери электроэнергии и, следовательно, повысить эффективность использования энергоресурсов и получить экономический эффект.

Можно обозначить основные преимущества сетей электроснабжения постоянного тока по сравнению со стандартными сетями:

- Отсутствие реактивной мощности как явления.
 - Эффективное использование сечения проводника из-за отсутствия эффекта близости и скинэффекта
 - Отсутствие гармонических составляющих
 - Отсутствие необходимости синхронизации элементов сети
 - Эффективное интегрирование с альтернативными источниками энергии
 - Более эффективное использование накопителей энергии (без преобразователей)
 - Эффективное управление графиками нагрузки и энергоресурсами (в часы максимума нагрузки можно использовать энергию предварительно заряженных накопителей)
 - Уменьшенные показатели электромагнитных излучений
 - Повышенная надежность
 - Повышенная электробезопасность постоянных токов (до 500 В)
 - Уменьшенные значения зон отчуждения линий постоянного тока
- В частности применение постоянного тока является перспективным направлением в проектировании сетей освещения [1].

Одним из важных факторов питания от сети постоянного тока является регулирование уровня напряжения. Этого можно достигнуть, включив, в цепь постоянного тока преобразователь уровня напряжения. Эффективность зависит от числа ступеней преобразования напряжения между источником и нагрузкой, а также от поддержания определенного уровня напряжения на протяжении всей линии. Сточки зрения электробезопасности применение постоянного тока предпочтительнее, потому что увеличивается сопротивление тела человека из-за отсутствия емкостной составляющей при протекании постоянного тока, причем уменьшение уровня напряжения делает сеть более безопасной для обслуживания и случайных прикосновений к токоведущим частям [2]. Существующая система переменного напряжения 380 В (линейное) и 220 В (фазное) может так же применяться при питании от возобновляемых источников электроэнергии, с дальнейшим понижением уровня напряжения на выходе преобразователя. Следующие уровни напряжения представляют интерес при организации сетей постоянного тока:

380В: относительно высокое напряжение для сети постоянного тока, что подразумевает наличие эффективной системы защиты и заземления. 325В: напряжение, эквивалентное пиковому значению фазного напряжения в сети переменного тока, одновременно равное значению постоянного напряжения на выходе диодного моста. 220В: напряжение, эквивалентное действующему значению фазного напряжения в сетях переменного тока. Практически вся резистивная нагрузка (отопление, электроприборы приготовления пищи) питается от данного напряжения. Поэтому, при изменении уровня напряжения на 220В постоянного тока, для данного типа электроприборов не будет требоваться каких-либо модификаций и изменений. 120В: промежуточный уровень

напряжения. 48В: напряжение, используемое для слабых систем, сетей оперативного тока. Пониженным до данного уровня напряжением можно питать разного вида электронные бытовые приемники типа компьютеров, телефонов.

Для дальнейшего развития систем постоянного тока требуется приложить немало усилий для создания нормативно-технической базы, включая разработку нормативных документов и стандартов интеллектуальных сетей на постоянном токе; разработку стандартов возобновляемой электроэнергетики, а также основных элементов электрооборудования сетей постоянного тока. Пройдет время, и DC-системы найдут и уверенно займут свое место в системах электроснабжения.

Литература:

1. Анчарова, Т.В., Бодрухина С.С., Цырук С.А., Янченко С.А. Оценка влияния эмиссии высших гармонических составляющих напряжения и тока от бытовых электроприемников на питающую сеть // Промышленная энергетика, № 9, 2012. — с. 36–43.
2. Кривошта, Д. Повышение энергоэффективности за счет применения сетей постоянного тока. Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-технической конференции 2015 г.

Роботизирование сельского хозяйства

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Иванов Никита Константинович, студент;

Шаякбаров Ильнур Эльмарович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В данной статье рассматривается проблема введения новейших технологий в сельскохозяйственную отрасль.

Ключевые слова: робот, сельское хозяйство, посадка растений.

This article considers the problem of the introduction of new technologies in the agricultural sector.

Keywords: robot, agriculture, planting.

Сельское хозяйство — одно из наиболее распространенных хозяйств в мире. Это то, что обеспечивает нас продуктами, одеждой. Однако без внедрения современных технологий оно не имеет достойного будущего. Наиболее рациональным нововведением является внедрение роботов в сельскохозяйственные работы.

Большая часть продукции сельского хозяйства производится из растений, многие из которых необходимо посадить с помощью семян. Для этого необходимо либо большое количество рабочих для ускорения рабочего процесса. Задача сводится к выполнению данной работы с минимальными затратами.

Разработанная модель робота для посадки семян состоит из платформы на гусеничном ходу, приводимое в движение с помощью электродвигателя 2. Корпус 3 представляет из себя бункер для загрузки семян или кор-

неплодов. Все системы робота управляются дистанционно при помощи пульта управления и принимающей антенны 4. Башня 5 одновременно является и загрузочным отверстием, и башней для управления системой вскапывания 6, необходимая для создания углублений нужной формы, глубины и ширины. В созданную лунку через систему подачи 7 доставляются семена (Рис.1).

Традиционно используемые методы обладают предельной жесткостью, позволяющей избежать указанных отклонений. В случае использования роботов такой путь компенсации возмущений неприемлем. Роботы должны обладать мобильностью и способностью оперировать в широкой рабочей зоне при наличии сравнительно небольшого числа степеней подвижности. Эти требования несовместимы с высокой жесткостью конструкции.

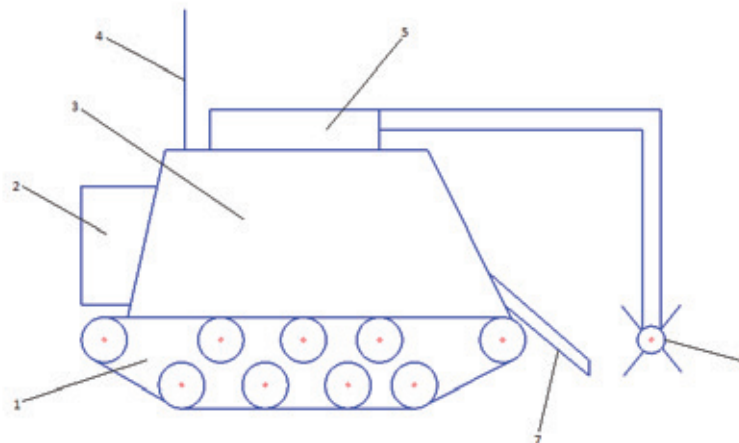


Рис.1. Общая схема робота

Как альтернатива высокой жесткости конструкции в литературе предлагаются различные методы активного управления роботом, позволяющие уменьшать динамические отклонения. В настоящей работе предложен простой и эффективный способ организации роботизированного

процесса без привлечения активного управления. Содержащиеся в статье выводы являются результатом подробного анализа динамического процесса.

Модель инструмента, взаимодействующего с поверхностью, представлена на рис. 2.

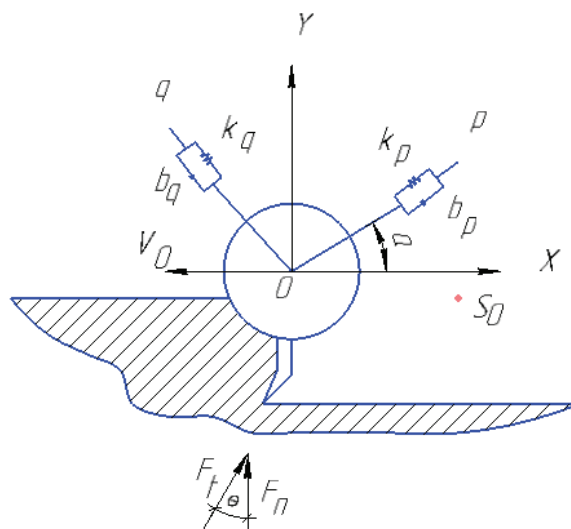


Рис. 2. Модель инструмента

Основной составляющей математической модели является хват робота. Ось x направлена по касательной к ожидаемой поверхности детали, а ось y — по нормали к этой поверхности. Начало координат O характеризует ожидаемое положение центра хвата. Точка O перемещается вместе с системой координат O_{xy} с заданной скоростью V_0 . Отклонения центра хвата от начала координат описываются функциями $x(t)$, $y(t)$.

Инструмент для обработки земли удерживается хватом манипулятора. Для многомерных механических систем обычно можно выделить два главных направления, в которых проявляется жесткость системы, причем проявления по этим направлениям независимо друг от друга

и могут быть представлены наличием двух пружин. Подобный факт имеет место и для демпфирования. Для простоты далее предполагается, что главные направления жесткости и демпфирования совпадают друг с другом. Таким образом, предполагается, что модель содержит две пружины с коэффициентами жесткости k_p и k_q и два демфера с коэффициентами демпфирования b_p , b_q , расположенные вдоль ортогональных осей p и q . Угол α , изображенный на рис. 2, определяет поворот системы координат O_{pq} относительно системы координат O_{xy} и является углом ориентации структуры модели. Поскольку параметры k_p , k_q и α характеризуют, главным образом, устройство охвата, то, исследуй влияние этих параметров

на качество процесса шлифования, можно проводить их оптимизацию.

Для анализа динамики охвата, удерживающего инструмент, рассматриваются его уравнения движения:

$$m\ddot{p} + b_p\dot{p} + k_p p = f_p \quad (1)$$

$$m\ddot{q} + b_q\dot{q} + k_q q = f_q$$

где m — масса инструмента, f_p, f_q — силы, действующие на инструмент вдоль осей p, q .

Для процесса работы характерна сильная зависимость между движениями по касательному и нормальному направлениям. Для того, чтобы проанализировать эту зависимость, рассматривается сила реакции F , которая действует на инструмент, как показано на рис 2. Сила F может быть разложена на компоненты F_t, F_n , причем нормальная составляющая F_n образует с F постоянный угол Θ . Отсюда следует, что силы F_n, F_t связаны соотношением

$$F_t = \mu F_n, \mu = \tan \Theta$$

Разложение силы F по главным осям p и q выражается равенствами

$$\begin{aligned} f_p &= F \sin(\alpha + \Theta), \\ f_q &= F \cos(\alpha + \Theta). \end{aligned} \quad (3)$$

Если (3) подставить в (1), из полученных равенств исключить силу F и затем применить преобразование Лапласа, то с учетом выражения для координат x, y через координаты p, q окончательно будут получены соотношения $y(s) = G(s)x(s)$

$$G(s) = \cot \Theta \frac{ms^2 + B_n s + K_n}{ms^2 + B_t s + K_t} \quad (4)$$

Здесь B_n, K_n, B_t, K_t — функции параметров $\alpha, k_p, b_p, k_q, b_q$. Они характеризуют демпфирование и жесткость охвата в направлениях нормали и касательной. Уравнения (4) описывают зависимость поведения модели в направлении y от ее поведения в направлении x . Известно, что возникновение вибрации в направлении касательной вероятнее, чем в направлении нормали, так как жесткость в этом направлении меньше. При этом вибрация в касательном направлении является причиной возникновения пульсирующей нормальной силы F_n . Поэтому желательно по возможности уменьшить влияние отклонений по оси x на поведение модели в направлении оси y .

В том случае, когда возмущенное движение колеса имеет высокую частоту, член ms^2 в передаточной функции $G(s)$ является доминирующим и функция $G(s)$ становится равной $\cot \theta$. При возмущении низкой частоты функция $G(s)$ определяется равенством

$$\begin{aligned} G(0) = k &= \frac{K_n}{K_t} \cot \theta \\ k &= \frac{(d+2)\cos\theta - d\cos(\theta+2\alpha)}{(d+2)\sin\theta + d\sin(\theta+2\alpha)} \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку k характеризует связь между поведением системы в нормальном и касательном направлениях, то

при вибрации низкой частоты большое значение приобретают величины параметров α, k_p, k_q . Действующие при обработке почвы силы характеризуются двумя группами эмпирическими соотношениями,

$$\begin{aligned} Z_w &= \lambda_w F_n \\ F_n &= CZ, C=1/\lambda_w \end{aligned} \quad (7)$$

Которые характеризуют объем почвы, λ_w — «коэффициент удаления металла». Поскольку в данном случае рассматривается только одна деталь, индекс w у характеристики Z_w можно опустить. При этом возникает второе уравнение в (7) и жесткость конструкции традиционных робота. Роботы обладают податливостью, поэтому величина Z определяется по формуле

$$Z = (V_0 - x)(\dot{S}_0 - y) \quad (8)$$

Если колеса может двигаться в направлении отрицательных значений y , то силы F_t, F_n определяются по формулам

$$F_n = C_t(V_0 - \dot{x})(S_0 - y) - C_n(S_0 - y)\dot{y} \quad (9)$$

$$F_t = \mu F_n$$

При движении нормальные силы содержат составляющие компоненты высокой частоты, которые не оказывают существенного влияния на динамические процессы, возникающие при обработке почвы.

С другой стороны, из анализа уравнений движения следует, что отклонение по оси y при достижении системой устойчивого состояния обратно пропорционально величине K_n . Поэтому предпочтительнее является соотношение коэффициентов жесткости $k_p \ll k_q$. Моделирование доказало, что если положить $\theta=30^\circ$ и менять α от -90° до 90° , то наибольшие отклонения центра инструмента наблюдаются при $\alpha = \pm 45^\circ$, а наименьшие — при $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = \pm 90^\circ$. Наихудшее поведение системы наблюдается при $\alpha=45^\circ$, а при $\alpha=0^\circ$ процесс обработки почвы протекает практически без вибрации системы передвижения.

Преимуществами данного робота являются:

- Быстродействие;
- Способность выполнения большого объема работы;
- Высокая проходимость;
- Способность дозировать расходные материалы, что положительно повлияет на затраты;
- Почти полная независимость от человека, задействованного в данной операции, кроме управления роботом.

Данный робот значительно облегчит и ускорит работы по засеиванию полей огромной площади, позволив избежать лишних затрат на рабочую силу и расходные материалы.

Выполнение операций требует от рабочего значительного напряжения. Даже при современном уровне производства такой труд низкопродуктивен и небезопасен. Заменить человека мог бы робот при условии решения некоторых технических проблем. Одна из них связана с воз-

действием на инструмент, который закрепляется в охвате робота, вибрационных сил, возникающих в процессе работы. Эти силы способны вызывать значительные откло-

нения инструмента от заданного положения» Наличие неравномерных нагрузок может также привести к разрушению механической конструкции робота.

Литература:

1. <http://timerobots.ru/robots/388-robot-sazhajuwuj-derevja.html>
2. С. В. Емельянов, Е. Б. Дудин, А. А. Петров. Робототехника № 25; ВИНТИ, Москва, 1988.

Разработка конструкции робота для безопасного исследования шахт и рудников

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Сергеев Алексей Андреевич, студент;

Мисюров Михаил Николаевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Ключевые слова: робот-шахтер, работа в шахте, сбор проб, определение состава газов, газоанализатор, камера, манипулятор, независимая подвеска.

Роботы постепенно занимают все больше и больше места в нашей жизни и уже стали неотъемлемой частью человеческой повседневности. Они помогают человеку во всех отраслях его жизни, начиная от домашних дел и заканчивая помощью на производстве. Это касается не только высокотехнологичных отраслей, в которых робот с успехом заменяет человека благодаря необходимой точности позиционирования, но и вредных

и опасных для человеческого здоровья производств, в частности работа в шахтах. Работа в шахтах всегда опасна для жизни, поэтому, чтобы обезопасить её, необходимо внедрить роботов. Именно по этой причине мы решили разработать робота-шахтера. Он будет выполнять необходимые операции вместо людей, что существенно обезопасит человека от происшествий, происходящих в шахтах.

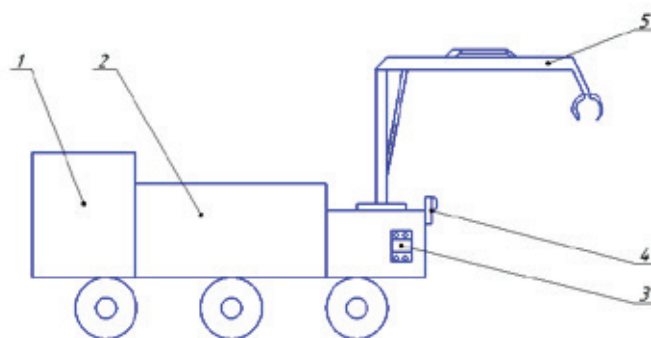


Рис. 1. Основные части конструкции робота: 1 — блок управления и емкость для аккумуляторов; 2 — кузов для сбора образцов; 3 — камера для наблюдения положения руки 4 — газоанализатор; 5 — рука для сбора образцов

Основной частью робота-шахтера будет являться платформа. На платформе будет находиться блок управления, емкость для аккумуляторов и кузов для сбора образцов. Также на платформе будет навесное оборудование, позволяющее выполнять требуемые операции. Питание платформы осуществляется от серийных промышленных свинцово-кислотных аккумуляторов, которые можно легко и недорого заменить.

Учитывая назначение и сферу деятельности робота, мы пришли к выводу, что оптимальным вариантом будет ко-

лесное шасси с независимой подвеской: шесть колес с независимой подвеской легко преодолевают сложные препятствия и обеспечивают превосходную устойчивость даже на высоких скоростях. Подвеска справляется с пересеченной местностью, обеспечивая стабильность платформы для более точного сбора данных. Она также проста в техническом обслуживании.

Механическая рука, оснащенная камерой и специальным рабочим органом, будет крепиться к платформе. Механическая рука позволит сделать захват какого-либо

предмета, например камня. Именно посредством этой руки будет осуществляться сбор проб в шахтах. Рука приводится в движение гидроцилиндрами под управлением контроллера. Камера на механической руке служит для проверки работоспособности робота, а также для управления роботом посредством человека [2].

Газоанализатор — это измерительный прибор для определения качественного и количественного состава смесей газов. Газоанализатор предназначен для эксплуатации в средах с содержанием механических примесей (пыли, смол, масел) и агрессивных веществ (хлора, серы, фосфора, фтора, мышьяка, сурьмы и их соединений). Газоанализатор позволит определить состав смеси газов и сделать вывод о безопасности нахождения человека в том или ином месте шахты. В шахтах не редки случаи, когда в местах, где ходят люди, бывает утечка опасных газов. Робот-шахтер с помощью газоанализатора сможет отследить это место и предупредить человека об опасности [3,4].

Точность позиционирования захвата манипулятора.

Для повышения точности позиционирования захвата манипулятора в пространстве используем расчеты, связанные с планированием траектории движения роботов с обходом препятствий в изменяющейся среде.

Одним из фундаментальных требований, предъявляемых как к манипуляционным, так и к мобильным роботам, является способность планировать и выполнять целенаправленные движения в среде с препятствиями [1]. Проблему создания соответствующих алгоритмов можно решать на двух уровнях: верхнем — уровне планирования, и нижнем — уровне управления.

На уровне планирования задача формулируется следующим образом: определить путь данного объекта из начального положения в заданное целевое заранее известной среде, содержащей стационарные и движущиеся по известным законам препятствия. До недавнего времени задача решалась только для стационарных препятствий, и лишь в последнее время стали разрабатываться методы планирования движения роботов в присутствии движущихся препятствий. Исследования в основном сосредоточены на разработке так называемых «геометрических подходов», когда в явном виде конструируются ограничения, возникающие из-за препятствий, а затем с их учетом осуществляется поиск пути. Существенно, что в изменяющейся среде эти ограничения являются функциями времени.

На уровне управления решается задача перемещения робота по найденной траектории с выполнением таких требований, как точность, гладкость и др. Кроме того, этот уровень включает в себя модификацию траектории в реальном времени для локального обхода препятствий, которые оказались в непосредственной близости от робота и не были учтены при планировании траектории. В отличие от глобального планирования на верхнем уровне здесь используются более простые алгоритмы, обладающие высоким быстродействием, но ограниченными

возможностями обхода препятствий. Например, может использоваться «метод потенциального поля», когда препятствиям приписывается потенциал отталкивания, а цели — потенциал притяжения: робот перемещается под действием соответствующих сил этого поля.

При разработке предложенного подхода основное внимание уделяется задаче планирования движения робота в известной среде с движущимися препятствиями. При решении аналогичной задачи в стационарной среде производится только поиск пути среди неподвижных препятствий, а скорость перемещения робота по найденному пути может быть произвольной, так как в любом случае столкновений с препятствиями не происходит. Эта задача называется проблемой планирования пути (ППП). Если же препятствия движутся, то важно не только найти путь в цель, но и определить функцию скорости на этом пути, так как при одних скоростях столкновения будут, а при других нет. При этом следует учитывать дополнительные физические ограничения, например ограничения по скорости движения робота. Проблема нахождения пути как функции времени названа проблемой планирования траектории (ППТ).

Предлагается производить декомпозицию этой проблемы следующим образом:

- запланировать пути робота с учетом стационарных препятствий;
- выбрать один из путей для достижения целевого положения;
- запланировать скорость движения вдоль этого пути так, чтобы избежать столкновений с движущимися препятствиями.

Как видно, первая часть алгоритма является решением ППП, а вторая названа проблемой планирования скорости (ППС).

Основное достоинство декомпозиции состоит в снижении сложности проблемы путем снижения размерности пространства поиска в сочетании с эффективностью решения задачи. Однако возможны случаи, когда метод декомпозиции не позволяет решить задачу, тогда можно использовать либо локальный обход препятствия, либо, выбрав на этапе ППП другой путь, заново запланировать скорость вдоль него.

В двумерной среде с многоугольными препятствиями для решения ППП используется стандартный метод на основе графа видимости (V — графа). Граф видимости $VG(N, E)$ имеет множество вершин $N = \{I, F\} \cup V$ где I и F — соответственно начальное и целевое положения, а V — множество вершин многоугольных препятствий, и множество дуг E , содержащее все отрезки прямых ($\mathbf{n}_i, \mathbf{n}_j$), которые соединяют вершину \mathbf{n}_i с вершиной \mathbf{n}_j , не пересекая препятствий. Оптимальным (кратчайшим) безопасным путем π из I в F является путь минимальной стоимости на V — графе из вершины I в вершину F . Стоимость дуги определяется евклидовой метрикой. V — граф показан на рис. 2.

Для решения ППС размерность пространства поиска увеличивается за счет введения дополнительной пере-

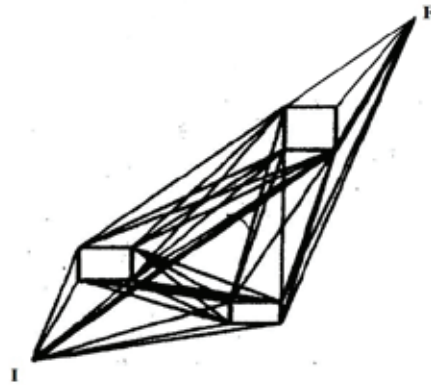


Рис. 2. Граф

менной — времени, и затем используется геометрический подход для поиска в этом пространстве, которое обозначается $\mathbf{s} \times \mathbf{t}$. Для конструирования пространства $\mathbf{s} \times \mathbf{t}$ требуется, чтобы путь в цель, найденный среди стационарных препятствий на этапе решения ППП, был представлен в виде параметризованной кривой $\mathbf{x}_\pi(\mathbf{s})$, где в качестве параметра \mathbf{s} может быть выбрана, например, текущая длина пути. Таким образом, пространство $\mathbf{s} \times \mathbf{t}$ — двумерно. Движущиеся препятствия вызывают наличие изменяющихся во времени ограничений на пути робота, которые формируют запретные области в пространстве $\mathbf{s} \times \mathbf{t}$. Например, пусть в двумерном случае путь робота

задан в виде отрезка прямой, а препятствие \mathbf{k} в форме круга диаметра \mathbf{d} движется с постоянной скоростью перпендикулярно этому пути [5].

Пусть \mathbf{t}_k — момент времени, когда это препятствие подходит к отрезку и касается его, а \mathbf{t}'_k — момент его отхода от отрезка (рис. 3). Максимальный участок отрезка пути $\mathbf{x}_\pi(\mathbf{s})$, занятый препятствием в течение всего интервала $[\mathbf{t}_k, \mathbf{t}'_k]$, равен $[\mathbf{s}_k, \mathbf{s}'_k] = \mathbf{d}$. В качестве аппроксимации запретной области в пространстве $\mathbf{s} \times \mathbf{t}$ можно рассматривать прямоугольник со сторонами $[\mathbf{s}_k, \mathbf{s}'_k]$ и $[\mathbf{t}_k, \mathbf{t}'_k]$, в то время как сама запретная область является эллипсом, вписанным в этот прямоугольник.

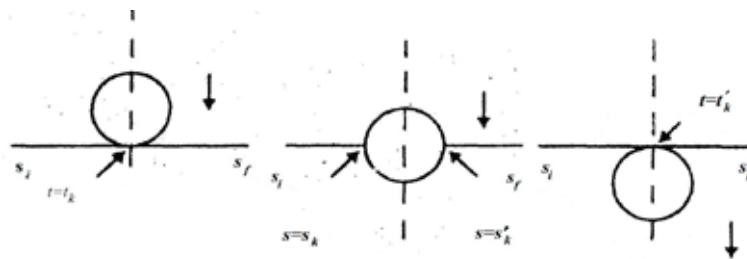


Рис. 3

Если на этапе планирования скорости препятствий были заданы точно, то полученная траектория является сглаженной версией номинальной траектории. Если скорости движения препятствий отличаются от заданных, то и траектория отличается от номинальной [6].

В заключение можно сказать, что проект «Робот-шахтер» мы представляем себе именно таким. Может,

с помощью данного робота, мы не добьемся поставленных задач, ввиду не очень хорошего выбора составных частей робота, но мы надеемся, что при улучшении нашего проекта можно будет использовать данного робота в шахтах. Мы постарались спроектировать робота, который смог бы помочь человеку в опасной профессии шахтера и обезопасить работу в шахтах.

Литература:

1. Поезжаева, Е.В. Теория механизмов и механика машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е.В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. тех. ун-та, 2009. — Ч.2. — 185 с.
2. Поезжаева, Е.В. Теория механизмов и механика машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е.В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. тех. ун-та, 2009. — Ч.3. — 164 с.
3. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами/С. Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 479 с.

4. Федотов, А. Г., Поезжаева Е. В., Заглядов П. В., Безопасность труда при взаимодействии с промышленными роботами//Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика,2014, стр. 14–15.
5. Сергеев, А. А., Мисюров М. Н., Кычкин В. И., Виброакустическая диагностика технического состояния участков трамвайных путей в целях снижения неблагоприятных факторов//Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика,2014, стр. 351–361.
6. Поезжаева Е.В, Мисюров М. Н., Сергеев А. А. Роботизация шахтного дела // Интернет журнал «Науковедение», 2015 № 3 (28) [Электронный ресурс] — М.: Науковедение, 2015. — Режим доступа: <http://paukovedenie.ru/PDF/180TVN315.pdf>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

Применение систем технического зрения в диагностике автомобилей при эксплуатации

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Федотов Александр Георгиевич, студент;

Заглядов Павел Владимирович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Огромный рост числа автомобилей заставляет задуматься об их качественном обслуживании, что гарантирует система технического зрения (СТЗ). В данной работе нами были рассмотрены общие требования к разрабатываемой системе, которые позволят легче внедрить их в диагностику машин. Мы предложили современный подход к качественному обслуживанию автомобилей. На основе анализа использования существующих систем были сформулированы общие требования к разрабатываемой системе, а так же мы разработали полноценную схему всего комплекса, для того чтобы можно было без труда его установить в автомобильных сервисах. Среди желательных свойств СТЗ можно назвать: возможность подключения различных сенсоров (телекамер, фотодиодных линеек, лазерных сканеров), свободный выбор формата изображения, обработка изображений, непрерывно меняющихся во времени, использование быстродействующих спецпроцессоров, параллельных структур, многоканальный ввод изображений (цветные изображения, одновременное рассмотрение сцены с разных точек наблюдения), более точное описание изображений.

Ключевые слова: система технического зрения, диагностика, автоматизация, покраска, сварка, контроль, робот, сенсоры.

Наша задача состоит в том, чтобы внедрить СТЗ в диагностику и исправление дефектов в эксплуатируемых автомобилях в процессе их эксплуатации. На сегодняшний день никто не использует СТЗ при диагностике и ремонте уже используемых автомобилей, данные системы применяют только при их сборке на автомобильных заводах, например таких как Ford.

Одна из основных трудностей организации вычислительных процессов в СТЗ связана с необходимостью переработки значительных объемов данных за сравнительно короткое время, которое определяется конкретным применением системы. Простейшим способом снижения объема информации является переход к бинарным или двухградационным изображениям путем пороговой обработки исходного многоградационного изображения. Эта процедура приводит к положительным результатам только в том случае, если информативные области изображения достаточно контрастны, т.е. значительно отличаются по яркости от фона. Для обеспечения высокого контраста изображения применяют специальные средства освещения анализируемой сцены (подсветка с обратной стороны объекта, затенение отверстий, приме-

нение структурированного освещения и др.). В результате бинаризации анализируемой структуры и фону приписываются противоположные значения бинарной переменной. Обычно интересные структуры в результате пороговой обработки разбиваются на выраженные области, которые рассматриваются как разные компоненты одного и того же изображения. В процессе обработки бинарного изображения производится измерение геометрических параметров этих компонентов (таких, как площадь, периметр и пр.). Интерпретация бинарного изображения производится на основе этих измерений и информации об относительном положении компонентов.

В процессе обработки изображения выделяются отдельные его компоненты и для каждой из них рассчитываются следующие признаки: площадь, периметр, координаты особых точек на поверхности, количество отверстий. Эти параметры подвергаются дальнейшей обработке в соответствии с конкретной решаемой задачей. Свойства данной СТЗ делают ее особенно эффективной для быстрого распознавания и определения дефектов при контроле поверхности. Применением системы является автоматическая навеска колес при сборке автомобиля роботами (см. рис.1).

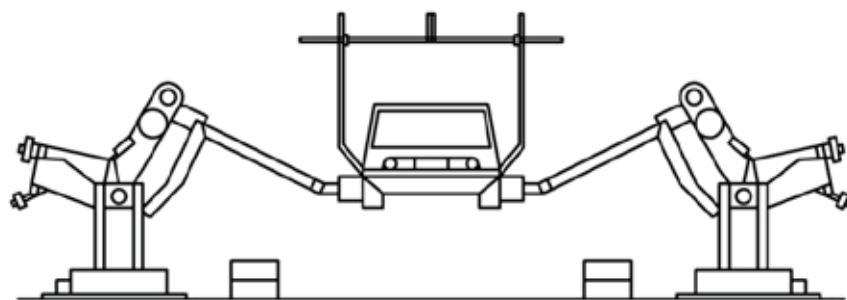


Рис.1. Навеска колес

На рис. 2 показана схема всего комплекса. Кузов автомобиля проходит перед видеокамерой СТЗ, которая измеряет положение и ориентацию ступицы. Дальнейшее продвижение кузова на подвесном конвейере производится с помощью измерительной вагонетки, поэтому

положение ступицы в последующий момент времени остается известным. Информация, полученная СТЗ, передается в систему управления роботом, которая соответствующим образом корректирует программу движений.

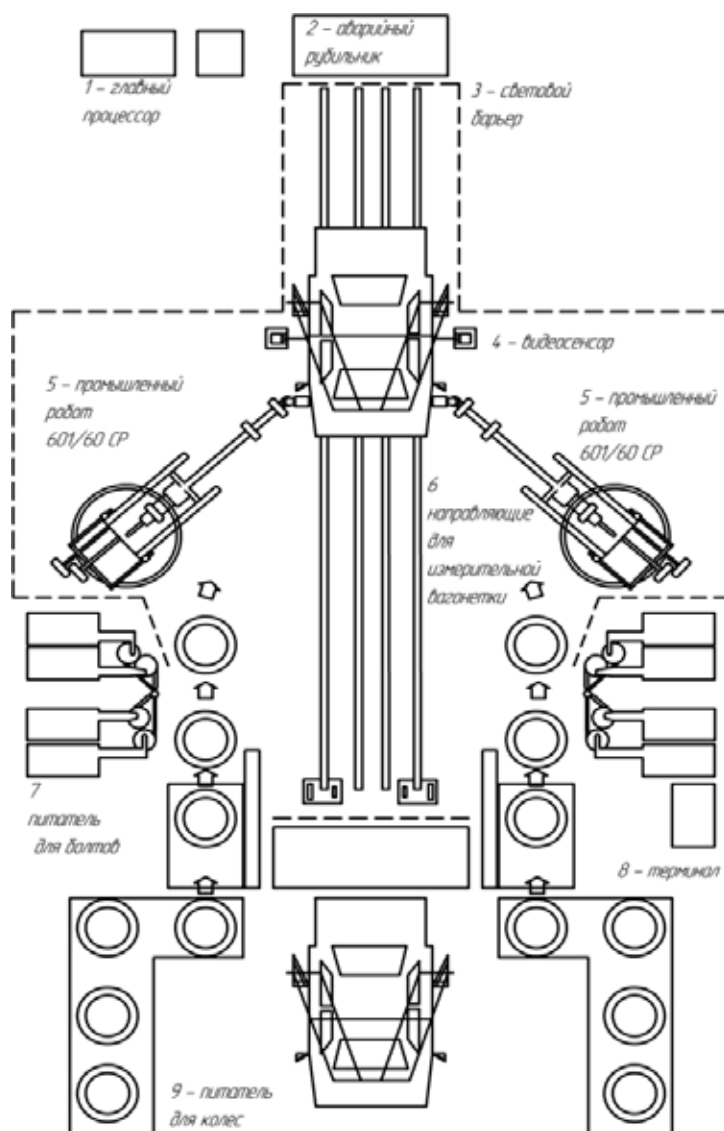


Рис. 2. Схема комплекса: 1 — главный процессор; 2 — аварийный рубильник; 3 — световой барьер; 4 — видеосенсор; 5 — промышленный робот 601/60 CP; 6 — направляющие для измерительной вагонетки; 7 — питатель для болтов; 8 — терминал; 9 — питатель для колес

Камера СТЗ расположена таким образом, чтобы ее оптическая ось совпадала с осью ступицы (допустимое отклонение ± 5). В качестве осветителя используется лампа, изогнутая по окружности, концентрической с осью камеры. Радиус этой окружности выбран достаточно большим, чтобы отверстия на изображении проявлялись в виде контрастных пятен. Для удаления мелких дефектов изображения производится аппаратная фильтрация бинарного изображения. Затем на отфильтрованном изображении выделяются все связные компоненты и для каждого из них рассчитываются признаки. Из этих компонентов отбираются те, для которых значения признаков соответствуют крепежным отверстиям. После этого производится геометрический тест, в процессе которого контролируется относительное положение выделенных «кандидатов» и отсеиваются ложные отверстия. Заключительным этапом является расчет положения и ориентации ступицы, перевод этих данных в систему координат робота и передача этой информации в систему управления роботом.

Калибровка коэффициентов пересчета производится на стадии обучения путем показа ступицы зрительной системе и последующего прямого измерения суставных углов робота, отвечающих положению отверстий в предъявленной ступице.

Еще одной областью применения системы является сборка автомобильных колес. Для уменьшения статического дисбаланса колес покрышку монтируют на обод таким образом, чтобы их индивидуальные дисбалансы частично компенсировали друг друга. Фирмы-изготовители ободов и покрышек наносят на них маркировку, указывающую, куда смещен центр тяжести. Функция СТЗ при сборке колеса состоит в том, чтобы выявить эти метки и управлять приводом, вращающим обод относительно покрышки. Для упрощения процедуры поиска меток и повышения помехоустойчивости системы производится маскирование изображения кольцевой маской, которая ограничивает зону поиска только той областью, где эти метки могут появиться по техническим условиям.

Важной областью применения промышленных роботов является автоматизированная окраска. В настоящее время окрашиваемые детали необходимо устанавливать в точно определенных местах рабочей зоны робота, Окраска производится «вслепую» по заранее сформированной программе. Для того чтобы робот мог окрашивать детали разных типов, поступающие в рабочую зону робота в произвольном порядке, необходимы средства автоматической классификации деталей.

Для окраски разнотипных мостов грузовых автомобилей перед покрасочной станцией была установлена измерительная система. Для достижения высокого контраста изображения моста применяется подсветка с обратной стороны, с использованием яркого экрана. Распознавание деталей проводится в две стадии. При приближении моста к камере она включается (с помощью ме-

ханического выключателя) и начинает непрерывно формировать изображения движущегося моста до тех пор, пока его силуэт не достигнет контрольного окна. После этого начинается второй этап — анализ последнего введенного изображения, В процессе анализа рассчитываются площади участков силуэта, заключенных в заранее определенных окнах. Всего может быть использовано до 64 окон. Полученный таким образом вектор параметров сравнивается с эталонными векторами, сформированными при обучении системы. Классификация производится по методу ближайшего эталона. В принципе возможно введение максимальных допусков и при отличиях рассчитанного вектора от ближайшего эталона, превышающих соответствующий допуск, деталь будет забракована.

Результаты анализа передаются в систему управления окрасочным роботом, которая заносит их в буфер, работающий по принципу «первым пришел — первым ушел». После окончания очередного цикла окраски, из этого буфера извлекается информация о том, какую деталь красить следующей, и запускается соответствующая программа покраски.

Для классификации деталей более широкой номенклатуры существует специальный метод иерархического анализа признаков. Схема классификации имеет структуру сети, состоящей из узлов и дуг. В этой сети определяется начальный узел и несколько целевых. Дуги соответствуют различным операциям (установка окна, арифметические операции). Задача классифицирующей системы состоит в том, чтобы найти некоторый путь из начального узла в один из целевых. В процессе поиска при проследивании дуг выполняются соответствующие операции и проводятся необходимые проверки. Если условия проверки не выполняются, соответствующая ветвь дальше не просматривается и производится возврат на ближайшую точку ветвления, из которой исходит еще не исследованный путь.

Крупной областью применения СТЗ является сварка. Задачи сенсорной системы здесь включают в себя локализацию начала шва, проследивание шва, управление процессом сварки. Система позволяет проводить пошаговые измерения простых геометрических величин по видеосигналу, поступающему с камеры. При слежении за швом система работает в режиме замкнутой обратной связи с частотой опроса видеодатчика 50 Гц.

Один из примеров использования этой системы связан с производством деталей подвески автомобиля. При этой операции система выполняет следующие функции.

1. позиционирование горелки перед началом сварки. Для определения положения шва используется структурированное освещение световой плоскостью,

2. коррекция положения горелки в процессе сварки (слежение за швом). Определение положения горелки по отношению к шву производится на основе прямого наблюдения и анализа (бинарных) изображений зоны расплавленного металла.

Для устранения слепящего эффекта электрической дуги при наблюдении зоны расплавленного металла необходимы специальные средства управления экспозицией. Эту роль выполняет оптический затвор, вмонтированный в объектив телекамеры и синхронизированный с циклом дуги. Эксплуатация системы на этой операции в течение примерно двух лет показывает свою высокую эффективность. Точность позиционирования горелки повышается.

В примерах описанных выше, анализировались бинарные изображения, что требовало высокого контраста сцены и стабильности аппаратуры формирования изображений, в частности средств освещения и камеры. Эти требования можно в значительной степени ослабить, если перейти к анализу многоградационных изображений. Положение контуров объекта на таком изображении определяется по яркостному перепаду и не зависит от абсолютных уровней яркости изображения. Кроме того, в результате анализа полутонов может быть получена дополнительная информация, такая как соотношения контраста между различными частями изображения, форма сигнала в переходной зоне между двумя уровнями яркости или статистическое распределение уровней.

Относительно простым способом обработки полутоновых изображений является прямое сравнение сигналов методом корреляции. Для обеспечения этого необходима непрерывная коррекция положения схвата манипулятора и диагностированного участка автомобиля.

Для решения этой задачи применяется устройство, которое непрерывно измеряет и корректирует положение звеньев манипулятора. В качестве датчика в этом устройстве использована пара фото-диодов, с помощью которых через световоды считывается профиль рисунка по обе стороны шва. Измерения производятся непрерывно. Сиг-

налы, поступающие с диодов, сравниваются друг с другом, и методом корреляции определяется смещение рисунка. Для ускорения работы устройства в нем использован аппаратный цифровой коррелятор.

В настоящее время реальных областей применения зрительных систем меньше по сравнению с широким спектром задач, которые можно было бы решать с их помощью. Можно назвать две причины такого положения,

1. эффективность современных систем технического зрения при решении тех или иных практических задач часто достигается за счет их усложнения, связанного с большими затратами, что делает использование СТЗ экономически невыгодным.

2. крупным препятствием на пути широкого распространения СТЗ в промышленности является плохая связь между разработчиками систем и потребителем. [1–7]

Мы предложили современный подход к качественному обслуживанию автомобилей. На основе анализа использования существующих систем были сформулированы общие требования к разрабатываемой системе, которые позволят легче внедрить их в диагностику и ремонт автомобилей, а так же мы разработали полноценную схему всего комплекса, для того чтобы можно было без труда его установить в автомобильных сервисах. Среди желательных свойств СТЗ можно назвать: возможность подключения различных сенсоров (телекамер, фотодиодных линеек, лазерных сканеров), свободный выбор формата изображения, обработка изображений, непрерывно меняющихся во времени, использование быстродействующих спецпроцессоров, параллельных структур, многоканальный ввод изображений (цветные изображения, одновременное рассмотрение сцены с разных точек наблюдения), более точное описание изображений.

Литература:

1. Федотов, А. Г., Поезжаева Е. В., Заглядов П. В., Безопасность труда при взаимодействии с промышленными роботами//Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика, 2014, стр. 14–15.
2. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч./ Е. В. Поезжаева. — Пермь Изд-во Пермь. гос. тех. ун-та, 2006. — Ч. 1. — 64 с.
3. Зенкевич, С. Л., Ющенко А.:С. Управление роботами. — М.: Изд-во МГОУ им. Н. Э. Баумана, 2006.
4. Корендясев, А. И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн./ А. И. Корендясев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес; отв. Ред. С. М. Каплунов. — М.: Наука, 2006.
5. Хорн, Б. К. Зрение роботов. — М.: Мир, 1989.
6. Михайлов, С. В., Романов В. В., Заикин Д. А., Система технического зрения для диагностики процесса резания материалов//Вестник компьютерных и информационных технологий., 2007, № 4, стр 23–26
7. В. И. Сырякин, В. С. Титов, Ю. Г. Якушенков, Системы технического зрения-МГП «РАСКО», 1992

Конструирование механизмов малых перемещений с кинематической избыточностью и управление ими

Поеджаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Федотов Александр Георгиевич, студент;

Заглядов Павел Владимирович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Введение дополнительных избыточных степеней подвижности — один из эффективных путей оптимизации движений манипулятора. В работе рассматривается совершенствование стратегии управления малыми движениями конечной точки манипулятора в терминах минимизации, мощности и максимизации ускорения двухзвенного плоского механизма. Анализ показал, что при введенных ограничениях ни одна конструкция механизма не обеспечивает одновременно максимизации ускорения и минимизации потребной мощности.

Ключевые слова: манипулятор, управление, кинематическая избыточность

Представлена стратегия максимального расширения полосы пропускания двухзвенного механизма малых движений в одном направлении.

Для этого случая избыточность понимается в том смысле, что малые движения в направлении \mathcal{Y} , как показано на рис. 1, могут достигаться путем изменения по определенному закону углов θ_1, θ_2 за счет введения соответствующих управляющих воздействий. Разрабатываемая стратегия включает в себя распределение движения между θ_1 и θ_2 , а также оптимальный выбор длин звеньев l_1 и l_2 .

Система рассматривается как линейная, поскольку не учитываются кориолисовы силы и центробежные ускорения. Это предположение допустимо в окрестности номинальной конфигурации $\theta_1 = \theta_2$. Линейный подход позволяет также использовать постоянные преобразования между параметрами движения сочленений и движением выходного звена, а так же между параметрами движения сочленений и действующими в них крутящими моментами.

Качество системы будет измеряться шириной поносы возможных синусоидальных колебаний конечной точки механизма. В общем случае это компромисс между точностью абсолютного положения манипулятора и абсолютной величиной усилия, которое зависит от импеданса манипулятора и окружающей его среды. Увеличение по-

лосы пропускания должно повысить эффективность управления, как по усилию, так и по положению. Это особенно важно для быстрой коррекции ошибок в этих контурах управления.

Исследуется поведение механизма в окрестностях номинальной конфигурации $\theta_1 = \theta_2$, которая является центром рабочей области для движения с избыточностью. Величина рабочей зоны выбирается с целью ограничения углового перемещения звена 2 относительно звена 1 так, что

$$\left| \frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)_{\max} - (\theta_2 - \theta_1)_{\max}}{\sin(\theta_2 - \theta_1)_{\max}} \right| \leq 0,1 \quad (1)$$

Ограничение $(\theta_2 - \theta_1)_{\max} < 14 \text{ deg}$ позволяет использовать линейные методы анализа, а также ограничивает величину отклонений от номинальной конфигурации, вызванных влиянием возмущений». Введенное определение малых движений ограничивает величину перемещений по оси y величиной $+ 5\%$ общей длины механизма. Рассматриваются два подхода к улучшению динамических характеристик. Первый включает поиск условий минимальных затрат мощности на синусоидальное движение концевой точки механизма. Мгновенное значение потребной мощ-

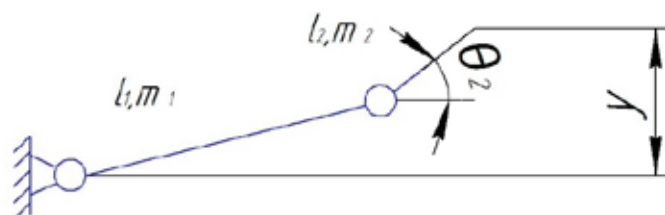


Рис. 1. Кинематическая схема

ности для синусоидального движения постоянной амплитуды и частоты со определяется из выражения

$$P = \omega^3 \left(\theta_{\max}^T \Pi \theta_{\max} \right) \times const \quad (2)$$

Π — симметрическая матрица моментов инерции звеньев относительно центров шарниров

Альтернативный подход к улучшению рабочих характеристик механизма связан с поиском возможного максимума ускорения в направлении γ .

Для механизма, показанного на рис. 1, ускорение концевой точки находится из уравнения

$$a_y = [l_1 l_2] \Pi^{-1} T \quad (3)$$

Конструирование механизма начинается с выбора относительного движения двухзвенного механизма. Простейший, метод состоит в определении постоянной, связывающей движения в двух шарнирах. Для максимизации характеристик, описанных уравнениями (2) и (3), предлагается использовать коэффициенты оптимальной угловой скорости в шарнирах, исходя из параметров механизма. Процедура точного определения длин звеньев механической системы с избыточностью строится на совместном использовании оптимальных угловых коэффициентов и рассмотренных выше ограничений. Вводится обозначение углового коэффициента $r = \theta_1 / \theta_2$. Это обозначение остается справедливым и для производных от θ_1 и θ_2 . Для фиксированного значения амплитуды концевой точки γ_a

$$\theta_2 = \frac{\gamma_a}{l_1 r + l_2} \quad (4)$$

Ограничив в уравнении (2) переменные θ_1 и θ_2 полученные из уравнения (4), и продифференцировав его по r , можно определить угловой коэффициент r_p , минимизирующий величину потребляемой мощности при движении концевой точки механизма по синусоидальному закону с постоянной амплитудой

$$r_p = \frac{j_{22} l_1 - j_{12} l_2}{j_{11} l_2 - j_{12} l_1} \quad (5)$$

Определим r_a как коэффициент углового ускорения, полученный для фиксированных значений передаточных отношений n_1 и n_2 крутящих моментов на валах двигателей T_1 и T_2

$$r_a = \frac{j_{22} n_1 T_1 - j_{12} n_2 T_2}{j_{11} n_2 T_2 - j_{12} n_1 T_1} \quad (6)$$

Выбор постоянных угловых коэффициентов позволяет использовать линейные методы анализа.

Объединив уравнения (4), (2) и (3) и продифференцировав по l_2 можно показать, что минимум энергетических затрат и максимум ускорения достигаются в пределе, когда l_2 стремится к нулю. Следовательно, выбор l_2 будет

зависеть от следующих ограничений, накладываемых на систему: угловой коэффициент $\theta_1 = r \theta_2$; фиксированная длина механизма $L = l_1 + l_2$; малое перемещение; максимальное угловое перемещение. Нижняя допустимая граница l_2 находится, из выражения

$$l_2 \geq \frac{\gamma_{a \max}}{(\theta_2 - \theta_1)_{\max}} + \frac{r}{r - 1} \quad (7)$$

Таким образом, оптимальная длина звеньев — это наименьшая длина, удовлетворяющая данным критериям ускорения или мощности с учетом ограничений, выраженных уравнением (7).

Выбор параметров системы должен производиться на основе критериев, минимизирующих потребляемую мощность и максимизирующих ускорение. Предполагается, что масса тонких цилиндрических звеньев двухзвенного плоского механизма пропорциональна их длине. Введение матрицы Π позволяет учесть влияние приведенного момента инерции двигателя. Кроме критериев рабочих характеристик, выраженных уравнениями (2) и (3), для определения полного набора конструктивных параметров учитываются ограничения по уравнению (7). Эти уравнения решаются для трех различных случаев.

1. Однозвенная система, которая представляется как базис для сравнения характеристик различных конструкций двухзвенных механизмов

2. Выбор конструктивных параметров механизма на основе минимизации потребляемой мощности. Для этого используется уравнение (2). На первом этапе учитывается только инерционность звена. Уравнение (2) может быть нормализовано ($L=1$) и выражено в терминах l_2, r, γ_a .

3. Выбор параметров механизма путем определения максимума ускорения концевой точки в направлении γ

4. Выбор параметров механизма на основе комбинированного критерия.

В случаях 2 и 3 ускорение концевой точки определялось главным образом угловым ускорением второго звена. В предположении постоянства коэффициента углового ускорения r_a крутящий момент в шарнире 2 можно выразить

$$T_2 = (i_2^2 + r j_{12} + j_{22}) \theta_{22} \quad (8)$$

где $(j_{12} + j_{22})$ эффективный момент инерции двигателя второго звена.

Трактуя звено 2 как скалярную систему, можно подбирать $i_2^2 = (j_{12} r + j_{22})$. Можно выбрать приведенные крутящие моменты двигателей так, чтобы для данной статической нагрузки требовались равные крутящие моменты двигателей т.е.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (9)$$

Выбор приведенных моментов инерции i_i^2 по уравнению (9) обеспечивает равное возбуждение двига-

телей каждого звена. При этом оба двигателя одновременно достигают предела насыщения крутящего момента. В этом случае достигается равенство $r_p = r_a$. Таким образом, наиболее эффективное движение механизма имеет место при равном возбуждении обоих двигателей. Представленные в работе расчетные параметры конструкции двухзвенного механизма выше, чем параметры однозвенного механизма для режиме малых перемещений. Отмечается наличие альтернативных вариантов в выборе методов оптимизации. Стандартный подход к конструированию механизма — поиск максимума ускорения. При этом приведенный момент инерции двигателя каждого звена согласуется с моментом инерции звеньев, и к каждому звену подводится равное количество энергии. Результирующее движение требует больших перемещений сочленения 1.

Минимизация потребной мощности рациональна при выборе i_1 и i_2 . При этом резко уменьшается частота включения двигателя звена 1. Таким образом, случай 4 сочетает в себе достоинства обоих методов. Максимизация углового ускорения движения в сочленении 2 обеспечивает высокое ускорение, а выбор низкого значения приведенного крутящего момента двигателя звена 1 уменьшает общую потребную мощность для данного движения. Правильный выбор приведенного момента инерции (уравнение (9)) приводит к такой конструкции, в которой управляемый крутящий момент обеспечивает одновременно максимум ускорения и движение с наивысшим к.п.д.

Для реализации преимуществ избыточности, обеспечивающих высокую частоту обработки управляющих сигналов при движении по оси γ , предлагается метод, использующий оптимальный угловой коэффициент r . Для этого первоначально определяется тип матрицы Якоби, на основе которой проводятся достоверные измерения и управление внешними и внутренними движениями механизма. Вблизи $\theta_1, \theta_2 = 0$ отклонение в направлении γ представляется в виде: $\gamma = l_1\theta_1 + l_2\theta_2$. Поскольку движение в направлении x невозможно, якобиан представляется вырожденной матрицей. Выражение для нулевого или внутреннего движения имеет вид: $\phi = -l_1\theta_1 + l_2\theta_2$. Движение в пространстве сочленений ортогонально к отклонению γ . Это позволяет движение в пространстве сочленений $\theta = [\theta_1 \cdot \theta_2]^0$ преобразовать во внешнее движение $Y = [\gamma \cdot \phi]^T$, с помощью невырожденной матрицы Якоби

$$J = \begin{bmatrix} l_1 & -l_2 \\ -l_2 & l_1 \end{bmatrix} \tag{10}$$

Это преобразование имеет вид: $Y = J\theta$

Вводится дополнительное a — пространство. Движение в направлении оси a_1 системы координат этого пространства требует, чтобы движение системы характеризовалось r_p . В этом случае движение в направлении γ будет эффективным, а движение вдоль оси a_2 неэффективным. Определив $a = [a_1 \cdot a_2]^T$ и

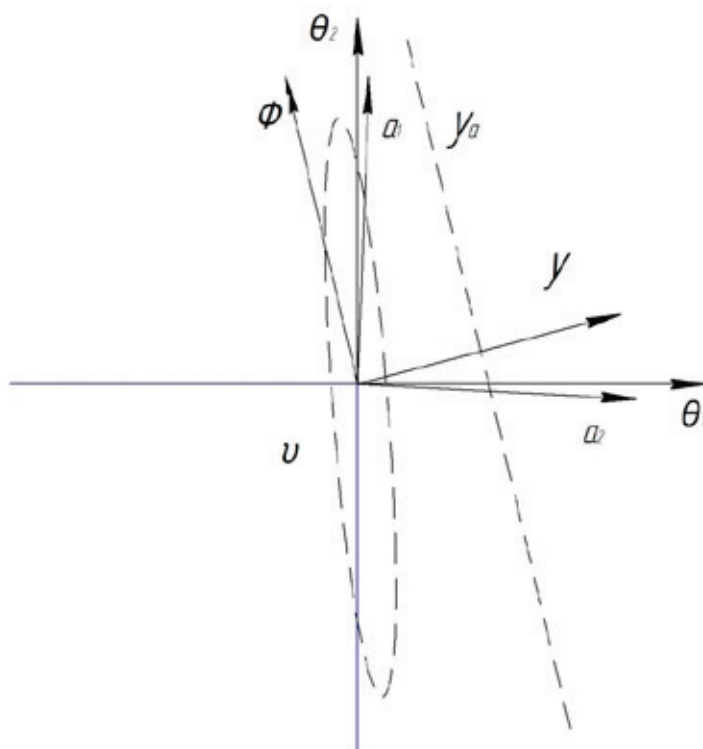


Рис. 2

$$R = \begin{bmatrix} r-1 \\ 1 \ r \end{bmatrix} \quad (12)$$

можно определить преобразование a пространства в пространство сочленения как

$$\theta = Ra \quad (13)$$

На рис.2 показаны базовые векторы двух пространств. Пространство сочленений θ_1, θ_2 используется как исходная система координат. Эффективное выполнение движений в направлении γ требует управления отклонением в направлении a_1 . Причем движение по γ требует больших отклонений в направлении ϕ . Для разрешения этого противоречия рассматривается эллипс v на рис.2. Каждая точка эллипса представляет множество скоростей сочленения, удовлетворяющих уравнению

$$\theta^T P\theta = E \quad (14)$$

где E — постоянный уровень энергии. Точки на эллипсе представляют скорости в пространстве сочленения, достижимые при фиксированном количестве энергии. Для данного количества энергии большие ско-

рости могут достигаться вдоль главной оси этого эллипса, а не по направлению γ . Однако это направление обеспечивает малые отклонения по γ . Таким образом, направление, полученное на основании уравнения (5), обеспечивает наилучшее соотношение скоростей, при котором достигается отклонение концевой точки механизма в направлении γ с наименьшей потребной мощностью.

Линия γ_a на рис.2 представляет собой геометрическое место точек необходимых перемещений шарнира для достижения перемещения γ на которые накладываются различные по величине нулевые отклонения. Для достижения этих отклонений следует двигаться в направлении a_1 до момента достижения γ_a . Далее система управления компенсирует нулевую составляющую и возвращает механизм к положению, при котором $\theta_1 = \theta_2$. [1–3]

Анализ показал, что при введенных ограничениях ни одна конструкция механизма не обеспечивает одновременно максимизации ускорения и минимизации потребной мощности. В некоторой степени это требование может удовлетворяться введением, дополнительных сочленений.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб.пособие: в 3 ч./ Е. В. Поезжаева. — Пермь Изд-во Пермь.гос, тех. ун-та, 2006. — Ч.1. — 64 с.
2. Зенкевич, С. Л., Ющенко А.:С. Управление роботами. — М.: Изд-во МГОУ им. Н. Э. Баумана, 2006.
3. Корендясев, А. И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн./ А. И. Корендясев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес; отв. Ред. С. М. Каплунов. — М.: Наука, 2006.

Определение параметров горячей капли при ее взаимодействии с акустическим потоком газа в трубке

Попкова Оксана Сергеевна, кандидат технических наук, доцент;
Медведева Полина Владимировна, студент;
Шаймухаметова Альбина Шамильевна, инженер;
Шаймухаметов Марсель Ильфакович, магистрант
Казанский государственный энергетический университет

Приводится численное исследование изменения диаметра жидкой горячей капли при ее взаимодействии с акустическим потоком газа в длинной цилиндрической трубке. При моделировании учитывают аэродинамическое взаимодействие капли с газовым потоком и процессы испарения и горения. Расчеты проводились для этилового спирта, которые реагируют с кислородом воздуха. Исследованы влияния начальных значений диаметра капли, ее положения и скорости на изменение ее диаметра. Построены зависимости по результатам расчетов. Приведенная методика позволяет подобрать такие значения геометрических и термодинамических параметров трубки Рийке, которые были бы оптимальны для рабочего процесса горения жидкого топлива.

Ключевые слова: трубка Рийке, теплоподвод, время жизни капли, изменение диаметра.

В цилиндрической трубке длины L , диаметра d , причем $d \ll L$ имеется теплоподвод шириной d . Ось трубки Ox наклонена к горизонту под углом α . На рис.1 представлена

схема трубки и положение капли. Концы трубки остаются открытыми, давление на входе и выходе полагаются постоянными. Аналогичная задача рассматривается в работе [1].

Тепловой источник ширины δ является акустическим препятствием, делящим течение на две зоны. Индексами 1 и 2 на (рис. 1) отмечены «холодная» и «горячая» зоны области. Движение газа опишем в акустическом приближении, тогда переменные p и ρ представим в виде суммы возмущений: $p = \bar{p} + p'$, $\rho = \bar{\rho} + \rho'$, $|\bar{v}_g| \ll c$.

В каждой из зон (горячей и холодной) течение газа волновым уравнениям

$$\frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial t^2} - c_i^2 \frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial \xi^2} = 0, \quad (i = 1, 2). \tag{1}$$

Граничные условия на концах трубки имеют вид

$$\bar{\rho}_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} \Big|_{\xi=0} = 0, \quad \bar{\rho}_2 \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} \Big|_{\xi=L} = 0. \tag{2}$$

Начальные значения потенциалов скоростей в первой и второй зонах считаем нулевыми

$$\Phi_i(\xi, 0) = 0, \quad (i = 1, 2). \tag{3}$$

Решение $\Phi_1(\xi, t)$ и $\Phi_2(\xi, t)$ слева и справа от теплового источника стыкуются условиями

$$\bar{\rho}_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} \Big|_{\xi=l} = \chi \bar{\rho}_2 \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} \Big|_{\xi=l+\delta}, \tag{4}$$

$$\bar{\rho}_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial \xi} \Big|_{\xi=l} = \frac{\bar{\rho}_2}{1 + \eta} \frac{\partial \Phi_2}{\partial \xi} \Big|_{\xi=l+\delta}. \tag{5}$$

Множитель χ - коэффициент демпфирования, $0 < \chi < 1$. Условия (4) и (5) отражают законы сохранения массы и импульса при прохождении теплового источника. Коэффициент η отражает дополнительный приток массы газа в сечении $\xi = l + \delta$. В акустическом приближении предполагается, что в «холодной» и «горячей» зонах справедливы уравнения состояния для идеального газа. Условия стыковки будут выполнены только в том случае, если волновые числа $k_{1,n}$ и $k_{2,n}$ в отдельных подобластях связаны соотношениями $k_{1,n} \cdot c_1 = k_{2,n} \cdot c_2 = f_n \cdot 2\pi$, где f_n — частота собственных колебаний. Отношение скоростей звука в холодной и горячей областях выражается через температуры. В соответствии с (4) и (5) волновое число k_2 определяется из решения нелинейного уравнения

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \frac{\operatorname{tg}(l/L \sqrt{T_2/T_1} k_2 L)}{\operatorname{tg}(((l+\delta)/L-1)k_2 L)} = \frac{\chi}{1+\eta} \tag{6}$$

Решения уравнения (1) с учетом начальных и граничных условий (2) — (5) для возмущенных значений скорости и давления для «горячей» зоны имеют вид

$$v'_2(\xi, t) = \frac{P_{\max, L/2}}{\bar{\rho}_2 c_2 \sin\left(\frac{k_2 L}{2}\right)} \cos[k_2(L-\xi)] \sin(k_2 c_2 t)$$

$$p'_2(\xi, t) = \frac{P_{\max, L/2}}{\sin\left(\frac{k_2 L}{2}\right)} \sin[k_2(L-\xi)] \cos(k_2 c_2 t).$$

Объемное содержание реагирующих капель в газе полагается малым, воздействием со стороны капли на газ пренебрегается.

При составлении модели учитывались силы аэродинамического взаимодействия капли с пульсирующим потоком газа и сила тяжести капли. В проекции на оси координат уравнения движения капли будут иметь вид [2, 3]

$$\frac{dv_{p,x}}{dt} = \frac{A_p}{D^2} \cdot (1 + 0.15 \operatorname{Re}^{0.687}) [v_g \cos \alpha - v_{p,x}], \tag{7}$$

$$\frac{dv_{p,y}}{dt} = \frac{A_p}{D^2} \cdot (1 + 0.15 \operatorname{Re}^{0.687}) \cdot [v_g \sin \alpha - v_{p,y}] - g, \tag{8}$$

где

$$A_p = \frac{9\mu_g}{(1+B)\pi\rho_p}; \quad B = \frac{\Delta H f_e Y_{0,\infty} + c_g(T_\infty - T_B)}{h_L + c_p(T_B - T_R)};$$

$$v_g = v_m + v' \sin \omega t; \quad D^2 = D_0^2 - \lambda \cdot t$$

$$\lambda = \lambda_0 (1 + 0.276 \operatorname{Re}^{1/2} \operatorname{Pr}^{1/3}); \quad \lambda_0 = (\rho_g / \rho_p) 8a_g \ln(1+B);$$

$$\operatorname{Re} = \rho_g |v_g - v_p| D / \mu_g;$$

$$\operatorname{Pr} = \mu_g c_g / k_g;$$

$$\operatorname{Sc} = \mu_g / (\rho_g D_{12});$$

$$|\bar{v}_g - \bar{v}_p| = \left\{ (v_g \cos \alpha - v_{p,x})^2 + (v_g \sin \alpha - v_{p,y})^2 \right\}^{1/2}.$$

В газе происходит прогрев и испарение распыленных капель. Размеры капли в процессе испарения медленно уменьшаются. При моделировании испарения радиус

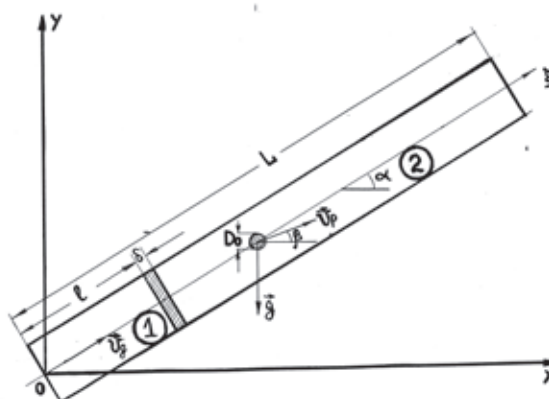


Рис. 1. Схема трубки Рийке

капли определяли из уравнения сохранения потока массы капли m_p [3, 4]

$$\frac{dm_p}{dt} = -\dot{m}. \tag{9}$$

Скорость испарения жидких капель \dot{m} находится в результате интегрирования уравнения степенного потока по толщине диффузионного слоя

$$\dot{m} = 2\pi r (\rho D)_{air} Sh_d \ln(1 + B_d),$$

$$B_d = (Y_1^* - Y_1) / (1 - Y_1^*).$$

Через Y_1 и Y_1^* обозначены концентрации паров жидкого топлива вдали от поверхности и ее значение на поверхности капли. Скорость изменения температуры капли T_d запишется через изменение баланса энергии

$$\rho_p \frac{4}{3} \pi r^3 C_1 \dot{T}_d - \rho_p 4\pi r^2 Rh_L(T_d) = 4\pi r^2 Q_d.$$

Первое слагаемое в левой части дает приток теплоты к капле за счет изменения температуры, второе слагаемое учитывает изменение теплоты за счет испарения. Через $h_L(T_d)$ обозначена величина скрытой теплоты парообразования. Теплота, передаваемая капле от газа, представляется в виде [2]

$$Q = \frac{K_{air}(\hat{T})(T - T_d)}{2r} Nu_d. \tag{10}$$

Коэффициент теплопроводности воздушной смеси

$$K_{air}(\hat{T}) = K_1 \hat{T}^{3/2} / (\hat{T} + K_2),$$

где $\hat{T} = (T + 2T_d) / 3$, а K_1 и K_2 — заданные константы.

Число Нуссельта Nu_d , характеризующее отношение характерного размера частицы к толщине температурного пограничного слоя с учетом явления испарения, имеет вид

$$Nu_d = (2 + 0.6 Re^{1/2} Pr_d^{1/3}) \ln(1 + B_d) / B_d$$

где введено число Прандтля

$$Pr_d = \mu_{air}(\hat{T}) C_p(\hat{T}) / K_{air}(\hat{T}).$$

Скрытая теплота парообразования находится из допущения, что плотность капель жидкости постоянна.

Подведенная к капле энергия контролируется значением циклического интеграла Релея

$$\oint Qp' dt \tag{11}$$

Система уравнений движения капли (7), (8) совместно с уравнением испарения капли (9) решались численно методом конечных разностей. Интеграл Релея (11) вычисляется методом трапеций.

Ниже приводятся результаты расчетов для случая горения капель этилового спирта в кислороде воздуха при следующих значениях геометрических и термодинамических параметров: $L = 2.74\text{м}$, $l = 0.685\text{м}$, $\delta = 0.2\text{м}$, $f_e = 0.5204$, $T_B = 351.5\text{К}$, $T_\infty = 293\text{К}$, $T_R = 293\text{К}$, $\rho_g = 1.29\text{г/м}^3$, $\alpha = 45^\circ$, $\mu_g = 0.443 \cdot 10^{-4}$, $k_g = 0.0691\text{Дж/(мК)}$, $M_g = 29\text{кг/кмоль}$, $\gamma = 1.4$, $R = 8314\text{ Дж/(кмольК)}$, $\alpha_g = 5 \cdot 10^{-5}\text{м}^3/\text{с}$, $\beta = 45^\circ$, $g = 9.8\text{ м/с}^2$, $\Delta H = 26.8 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$, $Y_{0,x} = 0.295$, $c_g = 115\text{ Дж/(кгК)}$, $c_p = 2333\text{ Дж/(кгК)}$, $h_L = 837360\text{ Дж/кг}$, $\rho_p = 790\text{ кг/м}^3$. При заданных геометрических параметрах и $\chi = 0.05$, $\eta = 0.3$ и замеренных значениях $\bar{T}_1 = 293\text{К}$, $\bar{T}_2 = 1025\text{К}$, значения $k_2 = 0.8661\text{м}^{-1}$ получается из решения уравнения (6), а из уравнения состояния $p_{\text{max},l/2} = 2521\text{Па}$.

На основании разработанной математической модели проведены расчеты изменения модуля скорости (рис.2) и траектории движения капли (рис.3).

Увеличение $|\vec{v}_{p,0}|$ интенсифицирует взаимодействие капли с потоком и сокращает время ее жизни.

В заключение отметим, что приведенная методика позволяет подобрать такие значения геометрических и термодинамических параметров трубки Рийке, которые были бы оптимальны для организации рабочего процесса горения жидкого топлива.

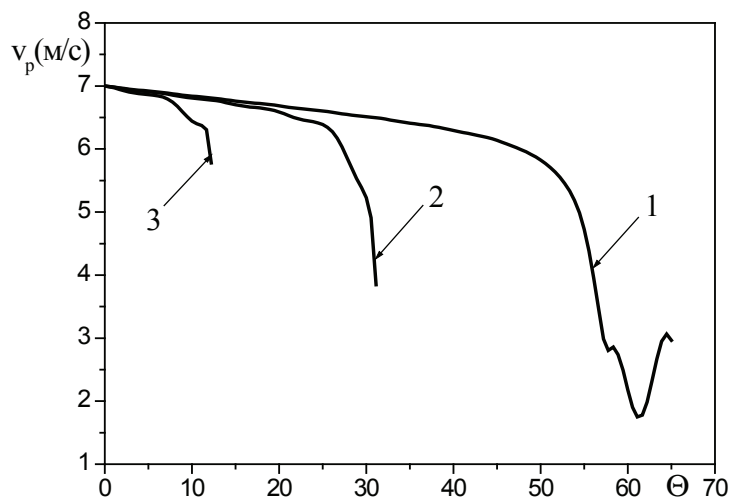


Рис. 2. Изменение модуля скорости капли при начальной скорости $v_{p,0} = 7\text{м/с}$ в зависимости от безразмерного времени для различных значений диаметра: 1– $D_0 = 700\text{мкм}$, 2– $D_0 = 500\text{мкм}$, 3– $D_0 = 300\text{мкм}$

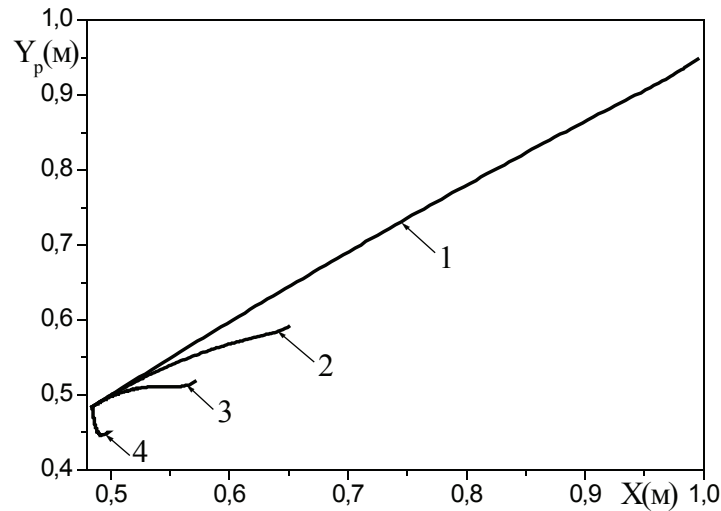


Рис. 3. Траектория движения капли при различных начальной скорости капли

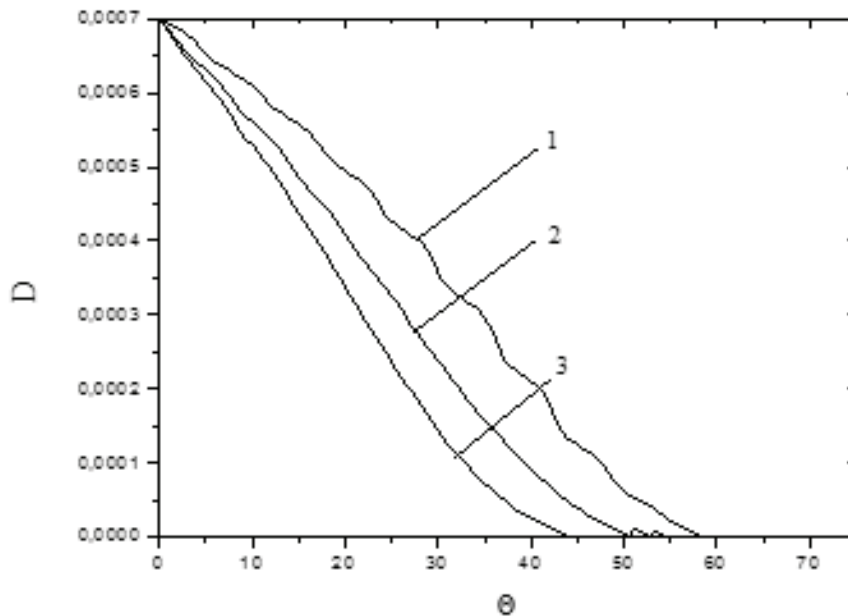


Рис. 4. Изменение диаметра капли от безразмерного времени: 1 — $v_{p,0} = 0$ м/с;
2 — $v_{p,0} = 10$ м/с; 3 — $v_{p,0} = 15$ м/с

Литература:

1. Carvalho, J. A., Mcquay M. Q. and Gotac P. R. The Interaction of Liquid Reacting Droplets with the Pulsating flow in a Rijke-Tube Combustor. *Combustion and Flame*. 108: 87–103, 1997.
2. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред. — М.: Наука, т. 1, 1987. Стр. 464.
3. Вильямс, Ф.А. Теория горения. — М.: Наука, 1971.
4. Попкова, О. С., Шаймухаметова А. Ш. Расчет траектории движения и времени жизни горячей капли с акустическим потоком газа в трубке. *Наука. Техника. Технологии. (Политехнический вестник) (научный мультидисциплинарный журнал) № 4, 2014.*

Робот для нанесения бетона на внутренние поверхности конструкции

Санников Семен Романович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассмотрен робот, для строительных работ, а также его система управления. Представлен процесс обучения дискретных по времени линейных систем робота.

Ключевые слова: манипуляционный робот, система управления, манипулятор

Отмечается высокая трудоемкость и низкая производительность бетонных работ, выполняемых вручную. Описывается робот предназначенный для нанесения бетона на внутренние поверхности конструкций (туннели, ангары, хранилища и т.п.). Комплекс монтируется на гусеничном шасси и включает в себя кабину управления, системы, обслуживающие шасси и собственно робот. Робот имеет вертикальный 3-шарнирный манипулятор, способный поворачиваться вокруг вертикальной оси вместе с кабиной. На рабочем звене манипулятора смонтирован насадок с соплом, к которому по гибкому трубопроводу подводится бетон. В зависимости от назначения и вида выполняемых работ могут использоваться различные роботы: с ручным манипулятором, с фиксированной последовательностью движений, с изменяемой последовательностью движений, жестко программируемые, с числовым управлением. Отмечается, что наиболее целесообразно использовать для бетонных работ робота с числовым управлением и жестко программируемые.

Отмечается, что к настоящему времени разработано значительное число алгоритмов планирования траекторий, состоящих в формировании функциональных зависимостей от времени положений, скоростей и крутящих моментов звеньев манипуляционного робота, которые удовлетворяют требованиям движения вдоль заданной геометрической кривой за минимальное время. Известны алгоритмы нахождения траектории минимальной длины, однако, если даже при движении не ставится задача обхода препятствий, выбор траектории минимальной длины не всегда соответствует перемещению вдоль нее за минимальное время. Определяется место задачи планирования траектории в общей структуре позиционной системы управления робота. Отмечаются некоторые динамические свойства робота, которые может быть полезны при построении оптимальной по времени траектории; эти свойства формализуются в «пространстве инерции» манипуляционного робота. Выведено значение нижнего предела времени, требуемого для движения из начальной точки в конечную; определяется форма кривой, соответствующей этому значению времени. Результаты моделирования показали, что полученные оптимальные по времени траектории обеспечивают перемещение робота из точки в точку за меньшее время, чем движение вдоль прямолинейной траектории минимальной длины или движение с интерполяцией обобщенных координат.

При выполнении повторяющихся движений манипуляционных роботов может быть организован процесс обучения, состоящий в организации итеративной процедуры изменения управляющих воздействий, при которой выходные характеристики, например, определяющие положение манипулятора, сходятся к заданным значениям. Изучение процессов обучения манипуляционных роботов удобно проводить, пользуясь их дискретной динамической моделью. Манипуляторы являются электромеханическими системами, содержащими как аналоговые, так и дискретные компоненты. При этом динамика аналоговых подсистем может быть приближенно описана дискретными разностными уравнениями. В настоящей



Рис.1. Манипуляционные роботы

работе рассматривается процесс обучения дискретных по времени линейных систем и выводятся условия оптимальности этого процесса. Применение полученных результатов демонстрируется на примере манипуляционных роботов.

Динамика линейной дискретной системы описывается уравнениями:

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k) + w(k),$$

$$y(k) = C(k)x(k),$$

где $A(k), B(k), C(k)$ — матрицы размеров $n \times n$, $n \times r$ и $q \times n$ соответственно, $w(k)$ — вектор размерности n , характеризующий входные возмущения в момент времени k . При $w(k) = 0$ уравнение может быть записано в форме

$$x(k) = \varphi(k, 0)x(0) + \sum_{j=0}^{k-1} \varphi(k, j+1)B(j)u(j),$$

где $\varphi(k, k_0) = A(k-1) \dots A(k_0)$ — матрица перехода.

Алгоритм обучения, который строится для дискретных систем, является итерационным и применяется для каждого момента времени k .

На каждом шаге алгоритма с номером i на основе ошибки состояния $e_i(k)$ модифицируется входной сигнал $u_i(k)$. Для этого используются формулы

$$e_i(k) = x_d(k) - x_i(k),$$

$$u_{i+1}(k) = u_i G e_i(k+1),$$

И в результате получаем:

$k; G$ — диагональная матрица.

Если предположить, что $x_{i+1}(0) = x_i(0)$, то, используя, можно показать, что имеет место соотношение

$$e_{i+1}(k+1) = e_i(k+1) - \sum_{j=0}^k \varphi(k+1, j+1)B(j)G e_i(j+1)$$

В этом выражении последнее слагаемое, стоящее под знаком суммы, может быть вынесено, и перейдет в равенство

$$e_{i+1}(k+1) = e_i(k+1) - A(k) \sum_{j=0}^{k-1} \varphi(k, j+1)B(j)G e_i(j+1) - B(k)G e_i(k+1) = [I - B(k)G]e_i(k+1) - A(k) \sum_{j=0}^{k-1} \varphi(k, j+1)B(j)G e_i(j+1).$$

Задачу построения оптимального управления в процессе обучения можно рассматривать как задачу выбора такой матрицы, при которой достигается минимум критерия качества

$$J = \frac{1}{2} e_i^T(k+1)Q e_i(k+1)$$

где Q — некоторая весовая матрица. В дальнейшем предполагается, что $Q = I$. Примерами такого подхода являются широко известные градиентные методы, которые позволяют решать задачу поиска минимума при отсутствии ограничений. Каждый градиентный метод представляет собой итерационный процесс построения такого управления v , при котором градиент критерия становится равным нулю.

Градиентные методы отличаются друг от друга процедурой вычисления коэффициента K . Так метод наискорейшего спуска предполагает использование в качестве K постоянной матрицы, от значений элементов которой зависит размер шага, тогда итерационный алгоритм построения управления будет $u_{i+1}(k) = u_i(k) - KB^T(k)e_i(k+1)$

Недостатком метода наискорейшего спуска является то, что при любом выборе постоянной матрицы сходимость вблизи минимального значения J является медленной.

Метод Ньютона — Рафсона основан на линейной интерполяции J , для которой используются два первых члена в разложении в ряд Тейлора. В этом случае $\Delta u_i(k) = \left[\frac{J(u_i)}{\nabla J^T(u_i) \nabla J(u_i)} \right] \nabla u J$

Подстановка порождает следующий алгоритм

$$u_{i+1}(k) = u_i(k) - \left[\frac{e_i^T(k+1)e_i(k+1)}{e_i^T(k+1)B(k)B^T(k)e_i(k+1)} B^T(k) \right] e_i(k+1)$$

В методе Ньютона — Гаусса величина $\Delta u_i(k)$ вычисляется по формуле $\Delta u_i(k) = S^{-1} \nabla u J$

$$\text{Где } S = \nabla x^T \nabla x = \left(\frac{\partial x_i(k)}{\partial u_i(k)} \right)^T \left(\frac{\partial x_i(k)}{\partial u_i(k)} \right) = B^T(k)B(k)$$

Таким образом, входное управление изменяется на каждой итерации алгоритма по формуле

$$u_{i+1}(k) = u_i(k) - [[B^T(k)B(k)]^{-1} B^T(k)] e_i(k+1)$$

Здесь выражение в квадратных скобках, соответствующее коэффициенту G , представляет собой матрицу, псевдообратную к матрице $B(k)$.

В последних двух методах коэффициенты при множителе $e_i(k+1)$, соответствующие коэффициенту G , удовлетворяют условию наивысшей сходимости, что означает оптимальность управлений, вычисляемых с помощью этих методов.

Метод обучения может быть использован при управлении манипулятором. Динамика манипулятора описывается уравнением

$$I(\theta)\ddot{\theta} + f(\dot{\theta}, \theta) + g(\theta) = \tau$$

где θ — вектор угловых координат, $I(\theta)$ — матрица инерционности, $f(\dot{\theta}, \theta)$ — вектор центробежных и кориолисовых сил, $g(\theta)$ — вектор потенциальных сил, τ — вектор управляющих моментов. Если требуемое движение манипулятора описывается заданными функциями времени $\ddot{\theta}_d, \dot{\theta}_d$ и θ_d , то реализующие это движение моменты вычисляются по формуле $\tau = I(\theta)\{\ddot{\theta}_d + K_v(\dot{\theta}_d - \dot{\theta}) + K_p(\theta_d - \theta)\} + f(\dot{\theta}, \theta) + \dot{g}(\theta) + v$

где K_v и K_p — коэффициенты обратной связи, v — новое управление, которое будет выбираться в процессе обучения. Если обозначить $q(t) = \theta(t) - \theta_d(t)$ то уравнение при использовании управления переходит в уравнение

$$\ddot{q}(t) + a_1 \dot{q}(t) + a_2 q(t) = b_1 u(t)$$

Уравнение может быть записано в форме линейной системы

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t)$$

Где $\dot{x}(t) = [q(t), \dot{q}(t)]^T$

К системе может быть применен алгоритм обучения с надлежащим выбором коэффициента k . Изложенный метод построения управления манипулятором был реализован в системе управления робота. Таким образом оптимальность процесса выполнена с учетом динамики аналоговых систем и дискретных компонентов.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учебное пособие: в 3 ч. / Е. В. Позжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Унт-та, 2009. — [Ч.2. — 185].
2. Проблемы механики современных машин: Материалы V международной конференции. — Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. — Т. 3. — 276с., ил. — Поезжаева Е. В., «Шагающий робот с контурной системой управления», [с.227].
3. Поезжаева, Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г. Роботизация фермерских хозяйств по обработке растений // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2014. № 3. [с.59–62]

Перспективные модели рабочих органов роботов

Санников Семен Романович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассмотрен вопрос необходимости и востребованности рабочих органов роботов, а также обеспечения их осязанием. Данный вопрос интересен с точки зрения биомедицины и космонавтики.

Ключевые слова: рабочий орган, система управления.

Термин «рабочий орган» включает в себя широкий круг инструментов и приспособлений различной конструкции, обладающих различными техническими характеристиками и выполняющих различные функции, главные из которых — захват объектов, технологические процессы обработки, операции контроля. Рабочий орган крепится к установочному фланцу на руке робота и перемещается последним по заданной программе.

Он является основным связующим звеном между роботом и окружающей производственной средой.

Выбор технических решений, определяющих конструкцию рабочих органов роботов, производится с учетом трех основных требований:

1) достижение высокой степени гибкости и минимизация времени производственного цикла; 2) введение элементов искусственного интеллекта в системы управления схватами и инструментами; 3) повышение манипуляционных возможностей рабочих органов.

Многие производители средств робототехники решают проблему увеличения гибкости и ускорения цикла обработки путем использования револьверных головок или приспособлений, обеспечивающих периодический поворот обрабатываемого инструмента на определенный угол. Достоинство этого метода состоит в сокращении числа пере-

мещений робота, выполняющего несколько различных сборочных операций или работающего в многооперационном режиме. Экономия движений достигается за счет исключения необходимости возвращаться к устройству замены инструмента между двумя последовательными загрузочно-разгрузочными или обрабатываемыми операциями.

Недостатком этого метода является необходимость увеличения грузоподъемности робота и сложность конструкции оснастки.

Второй метод состоит в использовании системы автоматической смены инструмента, в состав которой обычно входит устройство механического сопряжения, позволяющее быстро состыковать и расстыковать руку робота и рабочий орган, различные типы охватов и инструмента и револьверную головку.

Системы автоматической смены рабочих органов увеличивают гибкость производственных систем, построенных на базе применения одного робота. Такие системы приобретают способность к манипулированию объектами различной геометрической формы, выполнению различных операций механической обработки, крепления и контроля инструмента.

Система используется при производстве электронных компонентов. Большая доля рабочих ор-

ганов имеет собственные системы управления и чувствительные устройства. Это позволяет согласовывать и совершенствовать технические параметры промышленных роботов.

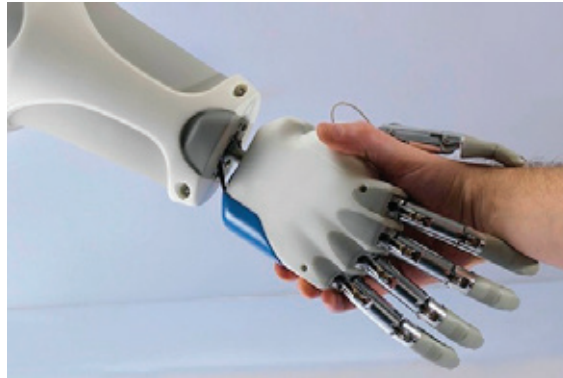


Рис. 1

Обеспечение пользователей рабочими органами для роботов с функциями осязания (Рис 1), контроля и управления существенно повышает надежность и эффективность транспортировки и обработки деталей путем сведения к минимуму возможности поломки оборудования и непроизводительных затрат времени.

Отмечается, что измерительные преобразователи и другие устройства осязания используются параллельно с новыми механизмами, например муфтой сцепления с электронным управлением.

Придание рабочему органу интеллектуальных способностей путем подключения к нему устройств управления и преобразователей измеряемой информации о внутреннем состоянии позволяет решить вторую задачу.

Решение третьей задачи — создание кисти робота (Рис.2) с высокой степенью маневренности находится в стадии исследований и разработок. Однако уже имеются промышленные образцы некоторых простых моделей этого класса, в которых осязание и контур управления отсутствуют или выполняют ограниченную роль.

Среди предполагаемых областей применения промышленных роботов, оснащенных подобной кистью антропоморфной структуры, указываются биомедицина, космонавтика, промышленное производство.



Рис. 2

В целом работы по созданию рабочих органов роботов преследуют цель максимального удовлетворения разнообразных требований пользователей. Разработаны захватные устройства магнитного, вакуумного и камерного

типов. Значительно расширен диапазон возможностей обрабатываемого инструмента.

Прогноз на ближайшие годы в области проектирования и производстве рабочих органов роботов имеет важное практическое значения.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учебное пособие: в 3 ч. / Е. В. Позжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Унт-та, 2009. — [Ч.2. — 185].

2. Проблемы механики современных машин: Материалы V международной конференции. — Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. — Т. 3. — 276с., ил. — Поезжаева Е. В., «Шагающий робот с контурной системой управления», [с.227].
3. Поезжаева, Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г. Роботизация фермерских хозяйств по обработке растений // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2014. № 3. [с.59–62]

Калибровка роботов

Санников Семен Романович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассмотрен процесс повышения точности робота, путем модификации программного обеспечения без изменения и переделки конструкции робота и системы управления.

Ключевые слова: калибровка, система управления, датчики.

Процесс калибровки позволяет более точно определить функциональную зависимость между считываемыми показаниями датчиков в степенях подвижности и текущим положением рабочего органа в декартовом пространстве и произвести соответствующие изменения параметров, используемых в программном обеспечении для позиционирования робота. Калибровка производится достаточно редко, что отличает ее от адаптивного управления, при котором идентификация модели осуществляется непрерывно и параметры управления устанавливаются в соответствии с определенными изменениями. Приведенное определение калибровки предполагает, что номинальная зависимость между положением рабочего органа и показаниями датчиков в степенях подвижности известна, однако требуется уточнить параметры этой зависимости.

Понятие процедуры калибровки имеет широкую трактовку. Например, некоторые процедуры калибровки касаются только информации, считываемой с датчиков в шарнирах, в то время как другие могут включать изменения в кинематических и динамических моделях роботов. Калибровку роботов можно условно разделить на три уровня.

Первый уровень калибровки («уровень сочленений») заключается в точном определении зависимости между сигналами, которые вырабатываются датчиками, определяющими положение сочленений, и действительным положением. В него включается калибровка кинематики приводов и механизмов датчиков. Второй уровень включает калибровку кинематической модели робота. Третий уровень («некинематической») калибровки включает настройку параметров в алгоритмах учета ошибок позиционирования, связанных с эффектами некинематического характера, такими, как податливость в шарнирах и звеньях робота, трение, люфты. Сюда же относится и настройка параметров динамической модели робота.

В общем случае процесс калибровки на каждом из уровней состоит из четырех шагов. На первом шаге определяется приемлемый вид функциональной зависимости.

Поэтому его можно назвать моделирующим шагом. Второй шаг заключается в сборе данных о реальном роботе, на основе которых можно сопоставлять значения на входе и выходе модели. Этот шаг можно назвать измерительным. На третьем шаге на основе полученных изменений и соответствующих алгоритмов производится идентификация параметров моделей. Это шаг идентификации. Последний шаг заключается во внесении уточненных моделей в программное обеспечение робота. Это шаг коррекции.

Целью калибровки на первом уровне является обеспечение точного соответствия между перемещениями в сочленениях и показаниями, считываемыми с датчиков. В большинстве случаев эта процедура выполняется на стадии конструирования робота и пользователь может ее повторить в случае возникновения неисправности или, если робот разбирался, для выполнения ремонта. Иногда такая калибровка делается каждый раз при включении робота, например, когда в роботе используются инкрементные датчики. При этом в момент включения положение робота неизвестно и его нужно вывести в эталонное положение, чтобы установить исходные значения датчиков. Такие процессы обычно автоматизированы. Такая калибровка основана на использовании механических упоров и флажков, которые могут сдвинуться. В последнем случае требуется дополнительная калибровка для коррекции результатов обычной автоматизированной процедуры.

Соответствующая этому уровню модель представляет просто связь между значениями сигналов, считываемых с датчиков η_i , и текущими значениями перемещений в шарнирах θ_i .

$$\theta_i = h_i(\eta_i \cdot y_i)$$

где h_i () — функциональная зависимость между входом и выходом в явном виде, а вектор y_i представляет параметры функции h (). В большинстве случаев функция h () предполагается линейной т.е $y_i = [k_{i1}, k_{i2}]^T$, а

$$\theta_i = k_{i1}\eta_i + k_{i2}$$

Таким образом, цель калибровки на данном уровне заключается в правильном определении значений вектора y_i .

В случае необходимости достижения очень высокой точности может потребоваться применение более сложной модели. Нелинейные эффекты связанные с люфтами и зазорами, предполагающие нелинейные модели, относятся к третьему уровню калибровки.

Для первого уровня калибровки процесс измерения заключается в использовании либо внешнего измерительного устройства, позволяющего точно определять текущие значения положения шарниров, либо движений в некоторые «известные» конфигурации. Наиболее простым является способ использования «известных» конфигураций, которые являются легко определяемыми из геометрии робота. Например, может быть известно, что шарниры занимают определенное положение, когда рука робота вытянута или некоторые плоскости становятся совпадающими.

Если визуальная центровка невозможна или не позволяет достичь требуемой повторяемости, используются специальные приспособления, позволяющие установить требуемое положение шарнира.

Другой подход заключается в расположении схвата робота с заданными положением и ориентацией в рабочем пространстве. По этому положению определяются соответствующие значения углов в шарнирах робота. Вывод робота в требуемое положение осуществляется обычно с помощью специальных устройств. При этом возникают проблемы, связанные с точным расположением схвата в рабочем пространстве.

В случае линейной модели процесс идентификации на рассматриваемом уровне калибровки тривиален. Параметр k_{i1} определяется коэффициентами передачи самого датчика и соотношением между изменениями угла и движением оси датчика. Коэффициент передачи датчика обычно достаточно точно соответствует паспортным значениям. Отношение между изменениями угла шарнира и поворотом оси датчика определяется на основе конструкции передаточного механизма, который обычно представляет собой зубчатую передачу или аналогичный ей механизм.

После определения коэффициента k_{i1} значение коэффициента k_{i2} может быть найдено путем поворота на известный угол и считывания показаний датчика. Значение k_{i2} определяется разностью между изменением угла θ_i и $k_{i1}\eta_i$.

Процесс коррекции прост и заключается либо в изменении значений этих параметров в программном обеспечении при программном преобразовании показаний датчиков, либо в изменении соответствующих коэффициентов передачи при аппаратном преобразовании.

Нель калибровки кинематической модели заключается в том, чтобы точность кинематической модели соответствовала точности преобразования угловых перемещений в показания датчиков. При этом считается, что звенья ро-

бота неупруги, а зазоры в степенях подвижности отсутствуют.

Если шестимерный вектор x описывает положение и ориентацию рабочего органа в пространстве, то в смысле кинематической калибровки он определяется выражением

$$x = g(\eta, \gamma, \alpha),$$

где η — вектор считываемых показаний датчиков; γ — вектор коэффициентов преобразования между показаниями датчиков и реальными значениями углов;

α — вектор коэффициентов используемой кинематической модели.

При этом необходимо выбрать вид кинематической модели $g()$ и определить значения η , γ и α .

Вопрос о том, который из них является наиболее удобным с точки зрения калибровки, остается открытым. Важно, чтобы используемые модели отвечали требованиям адекватности и стабильности представления кинематики робота. Адекватность представления заключается в возможности модели характеризовать изменения кинематики робота в терминах конечного ряда параметров. Стабильность «представления означает, что малым изменениям в кинематике робота будут соответствовать малые изменения в модели робота.

Фаза измерений на этом уровне включает в себя определение расположения рабочего органа робота или инструмента в рабочем пространстве.

В общем требуется шесть параметров для полного описания положения твердого тела. Для калибровки кинематической модели робота не требуется производить измерения всех координат, описывающих положения рабочего органа. В данной работе рассматриваются измерительные системы, которые налагают ограничения на взаимное расположение геометрических элементов, на рабочем органе и в рабочем пространстве. Удержание точки рабочего органа на заданной плоскости или сфере соответствует определенным условиям. Физическая реализация условий осуществляется, когда зажатый в руке тактильный сенсор приводится в соприкосновение с плоской поверхностью неподвижной детали. Шесть таких одновременных условий необходимо для полного определения рабочего органа. Для калибровки роботов обычно используются специальные детали, имеющие форму куба или трех сферических поверхностей. Зажатый в руке сенсор приводится в контакт шесть раз с различных сторон куба (или дважды с каждой из трех сторон) или дважды с поверхностью каждой из трех сфер. Это означает, что измеряется одно и тоже условие для шести различных положений рабочего органа. На основе этих измерений можно определить шесть кинематических параметров в (3). Эта методика кинематически обратима. Для этого необходимо сенсорное устройство закрепить в рабочем пространстве, а в руке робота зажать кубическую или сферическую деталь.

Сенсорную систему также можно сконструировать на основе ограничения расположения линий в пространстве. Одним из вариантов основан на использовании оптиче-

ского сенсора, расположенного на руке робота, и перемещении его в положение, в котором оптический луч прерывается из-за контакта с поверхностью детали.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учебное пособие: в 3 ч. / Е. В. Позжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Унт-та, 2009. — [Ч.2. — 185].
2. Проблемы механики современных машин: Материалы V международной конференции. — Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. — Т. 3. — 276 с., ил. — Поезжаева Е. В., «Шагающий робот с контурной системой управления», [с.227].
3. Поезжаева, Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г. Роботизация фермерских хозяйств по обработке растений // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2014. № 3. [с.59–62]

Информационные технологии в развитии современного информационного общества

Сексенбаев Курманбек, кандидат технических наук, доцент;
Султанова Бахыт Каиркеновна, кандидат педагогических наук, доцент;
Кисина Мира Каиржановна, магистрант
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

В современном мире просто невозможно представить жизнь без информационных технологий, несмотря на то, что в самом недалеком прошлом человек и понятия не имел о них. В нашу жизнь они вошли прочно, применяются информационные технологии во всех сферах жизни человечества, выполняя особо значимую двойственную роль. Информационные технологии представляют весь накопленный опыт человечества в форматизированном виде, пригодном для прикладного использования. И в нем сконцентрированы научные знания и материалистический опыт для осуществления общественных процессов, при этом экономятся затраты труда, времени, энергии, вещественных средств. И с каждым днем с непомерной силой роль эта увеличивается. Это явление объясняется свойствами, которыми обладают информационные технологии.

Новые информационные технологии, основанные на компьютерной технике, требуют радикальных изменений организационных структур управления, его регламента, кадрового потенциала, системы документации, фиксирования и передачи информации. Особое значение имеет внедрение информационного управления, значительно расширяющее возможности использования информационных ресурсов. Развитие информационного управления связано с организацией системы обработки знаний и данных, последовательного ее развития до уровня интегрированных автоматизированных систем управления, охватывающих по вертикали и горизонтали все уровни и звенья деятельности организации. [1, с.10]

Информационные технологии можно рассматривать как элемент и функцию информационного общества, направленную на регулирование, сохранение, поддержание и совершенствование системы управления нового сете-

вого общества. Если на протяжении веков информация и знания передавались на основе правил и предписаний, традиций и обычаев, культурных образцов и стереотипов, то сегодня главная роль отводится технологиям. Кроме того, они упорядочивают потоки информации на глобальном, региональном и локальном уровнях. Они играют ключевую роль в формировании техноструктуры, в повышении роли образования и активно внедряются во все сферы социально-политической и культурной жизни, включая домашний быт, развлечения и досуг.

Информатизация общества — это глобальный социальный процесс, особенность которого состоит в том, что доминирующим видом деятельности в сфере общественного производства является сбор, накопление, обработка, хранение, передача, использование, продуцирование информации, осуществляемые на основе современных средств микропроцессорной и вычислительной техники, а также разнообразных средств информационного взаимодействия и обмена. [2, с.34]

В информационном обществе огромную роль и значение на сегодняшний день играют системы распространения. Существуют межрегиональные и международные системы связи, позволяющие обмениваться информацией на больших расстояниях и территориях. Выросло и постоянно растет количество профессионально занятых людей сбором информации, ее переработкой и хранением. Чисто теоретически любой человек или же любая фирма являются потребителями информации. И это касается как коллективов людей, так и отдельных личностей. Перед тем как что-либо предпринять, нужно провести работу по сбору, переработке, анализу информации. И найти наиболее подходящее решение. Может потребоваться об-

работка больших объемов информации, и это порой окажется не под силу человеку без использования специальных машин. Компьютеры во всех сферах человеческой деятельности:

- ускоряют обработку информации в производственной и социальной сфере;
- помогают в принятии наиболее правильных, лучших одним словом — оптимальных решений;
- избавляют человека от скучной и рутинной работы.

Умение применять в своей деятельности современные информационные технологии становится одним из основных компонентов профессиональной подготовки любого специалиста. Кроме того, одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования — процесс обеспечения сферы образования методологией и практикой разработки и оптимального использования современных или, как их принято называть, новых информационных технологий, ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения, воспитания. Этот процесс инициирует:

- совершенствование механизмов управления системой образования на основе использования автоматизированных банков, данных научно — педагогической информации, информационно-методических материалов, а также коммуникационных сетей;
- совершенствование методологии и стратегии отбора содержания, методов и организационных форм обучения, воспитания, соответствующих задачам развития

личности обучаемого в современных условиях информатизации общества;

- создание методических систем обучения, ориентированных на развитие интеллектуального потенциала обучаемого, на формирование умений самостоятельно приобретать знания, осуществлять информационно — учебную, экспериментально — исследовательскую деятельность, разнообразные виды самостоятельной деятельности по обработке информации;
- создание и использование компьютерных тестирующих, диагностирующих методик контроля и оценки уровня знаний обучаемых. [3, с.26]

Сегодня наиболее распространенной разновидностью информационных технологий является Интернет, самый массовый и оперативный источник информации. В рядах стран с каждым годом значительно увеличивается число пользователей услугами Интернет. Например, по данным Internet World Stats, количество интернет — пользователей среди населения стран СНГ и Балтии представлено на рисунке 1.

Многим людям на сегодняшний день невозможно представить свою жизнь без компьютера, да еще и подключенного к интернету. Существуют разные оценки этому. Одни поддерживают развитие виртуального мира — Интернета, а другие предупреждают о неизвестных последствиях. Но эти произошедшие в жизни изменения, повлияли и очень изменили жизнь человечества. Огромное множество полезной информации можно найти в интер-

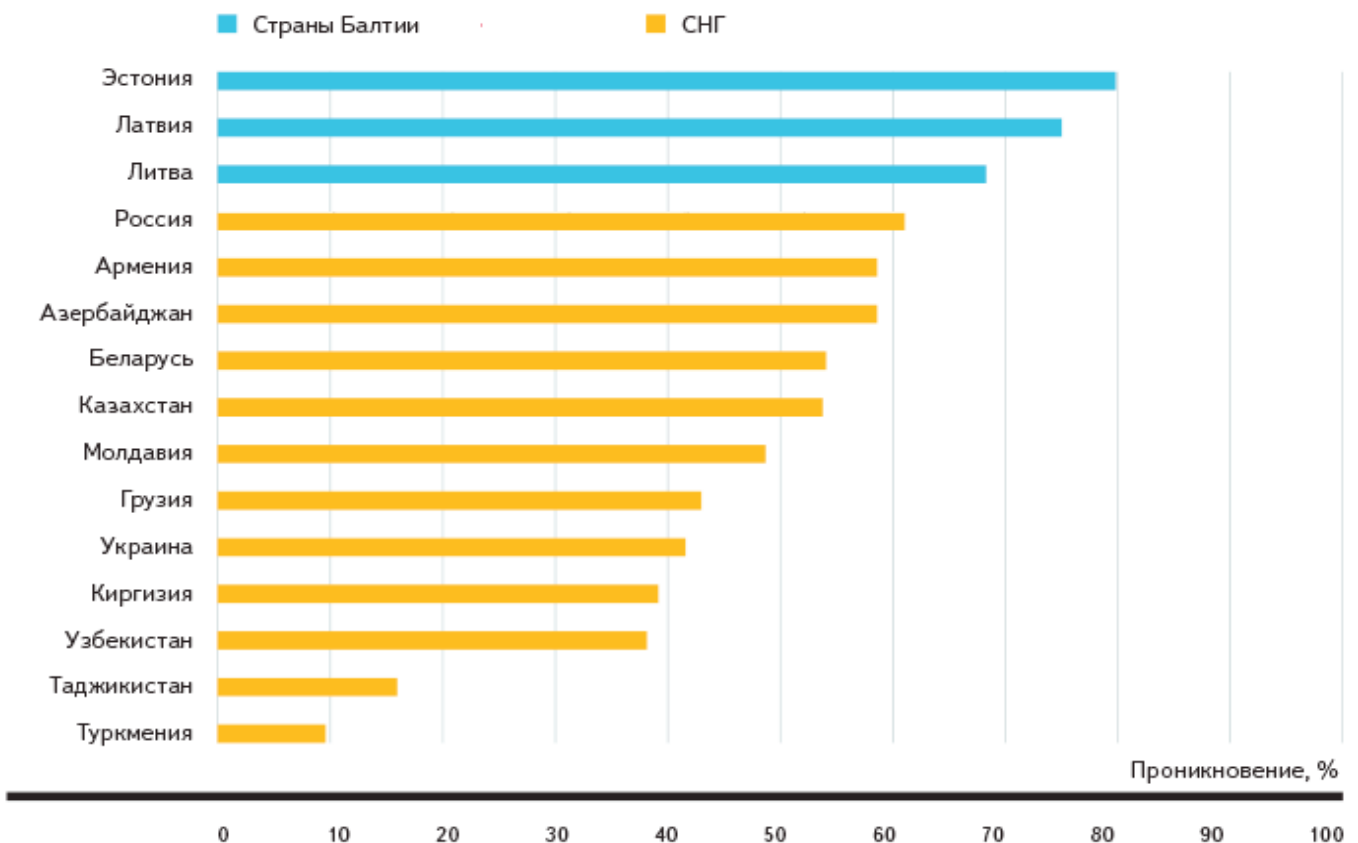


Рис. 1. Проникновение интернета — доля людей, пользующихся интернетом среди населения страны

нете, практически не затрачивая на это времени. Сегодняшнее время — время огромных потоков информации, которую необходимо обрабатывать и хранить, эти вопросы решают компьютеры. Сидя за компьютером сегодня можно получить абсолютно любую информацию. Однако все хорошее имеет и так называемые обратные стороны — плохое. Глобальная сеть общедоступна. И у всякого имеется такая возможность, как залезть, или же влезть в чужую информационную систему. Сейчас в виду этого развивается законодательство, которой должно будет следить авторством информации, стоять на страже собственника информации. [5, с.17]

Информационные технологии сейчас проникают во все сферы производственной деятельности и делают возможным строить эффективную систему управления, обеспечивающее дальнейшее увеличение выполняемых работ, сокращения сроков, и также повышение качества работ. Под процессом понимается совокупность определенных действий, направленных на достижение какой-либо цели. Процесс определяется выбранным человеком путем, т.е. стратегией и реализовываться с помощью различного набора средств и методов. Основным технологическим средством процесса переработки информации является персональный компьютер, который отчетливо повлиял на концепцию построения технологических процессов и их использования, и на качество информации в результате. Информационная технология — это процесс, который состоит из регламентированных правил выполнения операций, действий над данными, которые хранятся на компьютерах. Главная цель в информационных технологиях — получение нужной, необходимой человеку, т.е. пользователю информации путем направленных действий по переработке информации. Инфор-

мационная система является средой, составляющие элементы которой это компьютеры, программные продукты, компьютерные сети, базы данных, технические средства связи и т.д. Основная цель информационной системы состоит в следующем это организация хранения и передачи информации.

В XXI веке образованный человек — это человек, хорошо владеющий информационными технологиями. Ведь сейчас все в большей степени деятельность людей зависит от их информированности, и способности эффективно использовать информацию. Современный специалист любого профиля в информационных потоках должен уметь получать, обрабатывать и использовать информацию с помощью компьютеров и других средств. Основную роль в скором времени будет играть система распространения, хранения и обработки информации. Техника, благодаря которой многим людям стало гораздо легче — современные информационные технологии. [4, с.204]

Таким образом, информационные технологии в своем развитии вышли на более качественный уровень. Информационные технологии на основе новейшей компьютерной техники способствуют высокоэффективной организации управления на предприятии, в учебном заведении; помогают снизить временные затраты на различные операции.

Подводя итоги отметим, что значение информационных технологий для современного человека весьма велика, потому как сейчас все больше и больше самых разных процессов в жизни человека происходит не без участия в них информационных технологий. И многие работодатели сегодня требуют от будущих потенциальных работников — новых кадров знание устройства ПК и умение пользования информационной средой.

Литература:

1. Субботин, М. М. Новая информационная технология: Создание и обработка гипертекстов. — М.: ООО «Вершина», 2004 г.
2. Попова, М. В., Сапожников А. В., Сапожников В. И. «Информационные, коммуникационные технологии». Учебник — М.: РПА «АПР», 2009 г.
3. Ядов, Г. Б. Информация и общество// Вокруг света. — 2004 г.
4. Михеева, Е. В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Издание: — М.: Академия 2012 г.
5. Талантов, М. Поиск в Интернете: использование имён// Компьютер Пресс. — 2000 г.

Особенности эксплуатации и диагностирования динамического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Часть 2. Компрессорное оборудование

Серов Игорь Михайлович, первый зам. генерального директора, эксперт;

Зубков Андрей Викторович, зав. лабораторией, эксперт;

Паршиков Сергей Владимирович, ведущий инженер, эксперт;

Коробов Александр Викторович, инженер;

Кафтанов Алексей Альбертович, инженер

ООО «ЦДКНХО» (г. Волгоград)

На основе большого опыта экспертной организации в области промышленной безопасности динамического оборудования, работающего в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли промышленности, проведен анализ особенностей диагностирования компрессорного оборудования. Полученная статистика и наглядность повреждений наиболее часто выходящих из строя элементов указанного оборудования позволяет более оперативно и качественно проводить мониторинг и диагностирование его технического состояния.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, компрессорное оборудование, диагностирование технического состояния.

Компрессорное оборудование является важнейшим энергетическим и весьма дорогостоящим оборудованием, применяемом в технологиях современных нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, в которых участвуют всевозможные газы, сжимаемые до требуемых достаточно значительных давлений. Возрастающие объемы производства на указанных типах предприятий требуют повышенного внимания к эксплуатации и обслуживанию компрессорного оборудования. Кроме того, на компримирование газов на таких производствах затрачивается более 1/3 мощностей в общем балансе заводских затрат.

Большой практический опыт авторов статьи в области промышленной безопасности динамического оборудования позволил проанализировать основные причины выхода из строя элементов компрессорного оборудования и выявить наиболее часто выходящие из строя детали для каждого типа обследованных компрессоров предприятий. За основу было принято компрессорное оборудование АО «Газпромнефть-МНПЗ» (г. Москва), ООО «Ставролен» (г. Буденновск), ООО «Лукойл-УНП» (г. Ухта), ПАО «Нижнекамскнефтехим» (г. Нижнекамск).

Основными видами повреждения материала динамического оборудования, в частности компрессорного оборудования, является коррозия и эрозия от воздействия среды, трещины, механические повреждения и непосредственно сам механический износ. Особенные требования предъявляются к компрессорам, осуществляющим компримирование углеводородных газов, которое приводит к резкому сокращению межремонтных пробегов, а также частым незапланированным остановкам, где основными неполадками является забивка поршневых колец коксом и полимером, чрезмерная выработка зеркала цилиндра, ухудшение работы сальников и т.д. [1].

Наиболее распространенным, исходя из практического опыта авторов статьи, компрессорным оборудованием нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств являются:

- поршневые компрессоры;
- центробежные компрессоры.

Рассмотрим каждый тип указанного компрессорного оборудования с определением наиболее часто выходящих из строя элементов.

Поршневые компрессоры

Поршневые компрессоры широко распространены в нефтепереработке и нефтехимии. Принцип их работы основан на сжатии газа в замкнутом пространстве при уменьшении его объема [1]. Изменение объема происходит за счет возвратно-поступательного движения поршня в рабочем цилиндре. В настоящий момент на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях достаточно широко распространены как отечественные, так и компрессоры импортного производства. Особенностью поршневых компрессоров является их значительная мощность, передача больших усилий и крутящих моментов, а также наличие механического трения в узлах сопряжения.

Из поршневых компрессоров (рис. 1) наиболее широкое применение получили компрессоры с электроприводом, реже с приводом от паровых турбин. Поршневые компрессоры должны быть особенно точно изготовлены и по точности изготовления стоят в одном ряду с двигателями внутреннего сгорания. Основные детали поршневого компрессора представлены на рис. 2.

Наиболее опасным при эксплуатации такого типа компрессоров является их пуск, нагрузка (вывод на рабочий режим) и остановка, так как в эти моменты давление

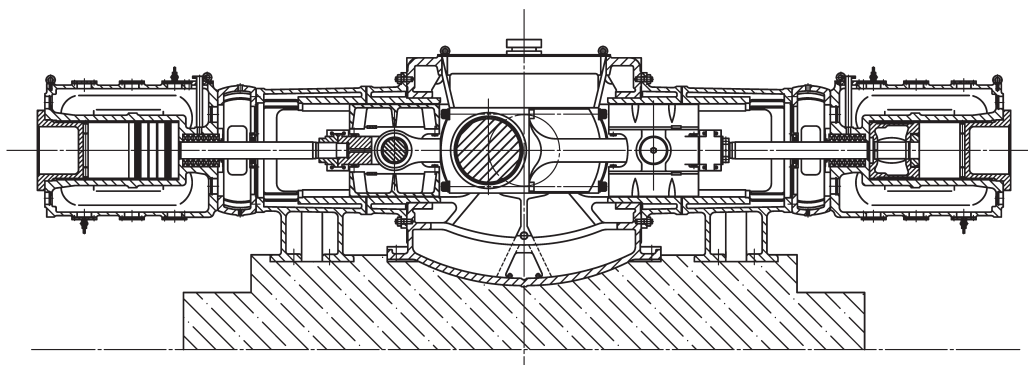


Рис. 1. Общий вид поршневого компрессора

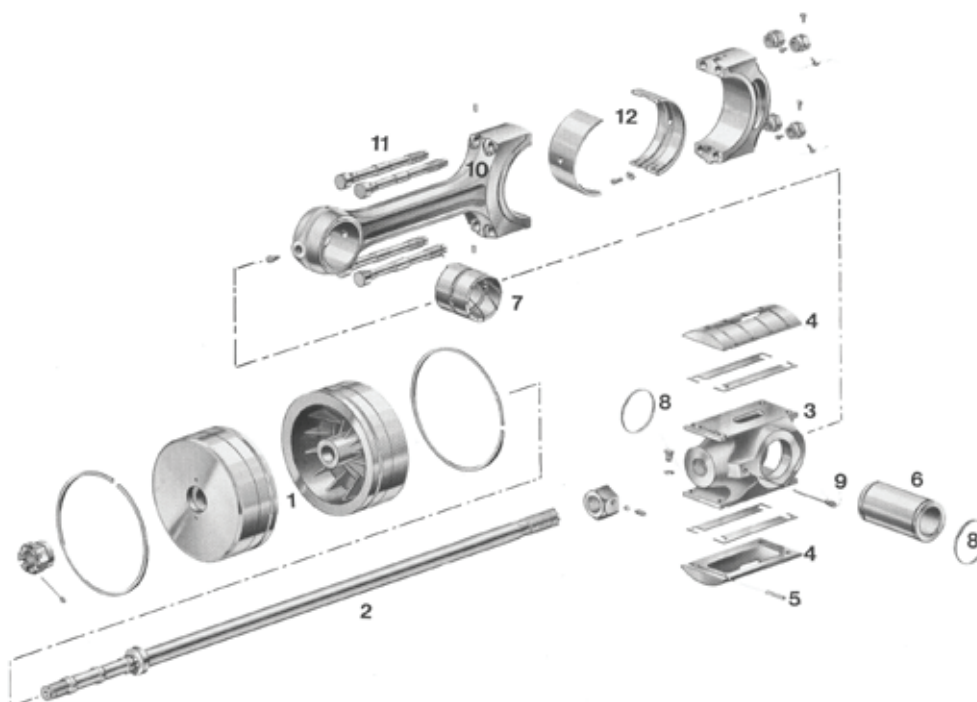
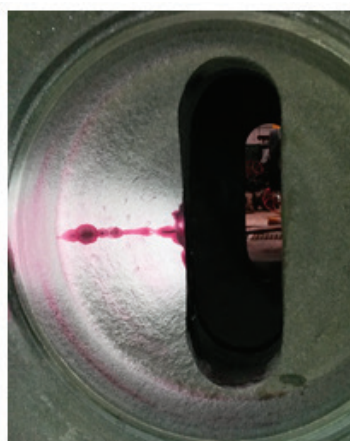


Рис. 2. Основные детали поршневого компрессора: 1 — поршень, 2 — шток, 3 — крейцкопф, 4,5 — башмаки крейцкопфа, 6 — палец, 7 — втулка крейцкопфа, 8 — кольцо крепления пальца, 9 — шпилька, 10 — шатун, 11 — шатунные болты, 12 — шатунный подшипник



а



б

Рис. 3. Коррозия (а) и трещина (б) на внутренней поверхности клапанного гнезда поршневого компрессора

в компрессоре может достигать значений выше прочности цилиндров и деталей механизма движения [1], поэтому в это время требуется в особенности повышенное внимание обслуживающего персонала.

Основными видами повреждения рабочих элементов поршневого компрессора является:

- коррозия и непосредственно сам механический износ от трения цилиндров, коленчатых (кривошипных) валов, клапанных гнезд (рис. 3), штоков (рис. 4);
- фреттинг-коррозия посадочных мест валов, шатунных болтов (рис. 5).

К основным дефектам коленчатого вала относятся: износ трущихся поверхностей коренных и шатунных шеек, задиры на шейках, смятие и износ шпоночных пазов, появление трещин, изгиб вала.

Цилиндры (цилиндрические втулки) подвергаются интенсивному износу (выработке рабочей поверхности) от трения, что ведет к периодическому выходу этих элементов из строя. Штоки также интенсивно корродируют и на практике чаще выходят вследствие этого из строя.



Рис. 4. Точечная коррозия штоков поршневого компрессора

Шатунные болты работают в очень тяжелых условиях. Неблагоприятные условия эксплуатации могут способствовать их разрушению вследствие усталости материала

в местах концентрации напряжений под действием переменной нагрузки и фреттинг-коррозии.



Рис. 5. Место образования фреттинг-коррозии на шатунном болте

При эксплуатации, организации и проведении ремонта поршневых компрессоров необходимо учитывать требования соответствующих нормативных документов, в частности [2].

Центробежные компрессоры

В центробежных компрессорах (рис. 6) давление газа создается за счет центробежных сил, возникающих во вращающемся газовом потоке. Такого типа компрессоры составляют большую часть на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (до 70% от всего объема компрессорного оборудования).

Рассматриваемая область применения центробежных компрессоров требует строгого соответствия их целевому

назначению, поэтому необходимо в обязательном порядке учитывать требования нормативной документации по эксплуатации и ремонту центробежных компрессоров [3].

Особенностями повреждения основных рабочих элементов центробежных компрессоров является:

- коррозионный и эрозионный износ корпуса;
- коррозионно-эрозионный износ лопаток направляющих аппаратов, вала (рис. 6), рабочих колес (рис. 7), промежуточных втулок;
- фреттинг-коррозия посадочных мест валов роторов под полумуфты и упорные диски (рис. 8, 9).

В корпусе компрессора из-за вибрации, температурных деформаций, внутреннего давления газа, усилий затяжки крепежных деталей возникает сложное напряженно-деформированное состояние. В результате чего

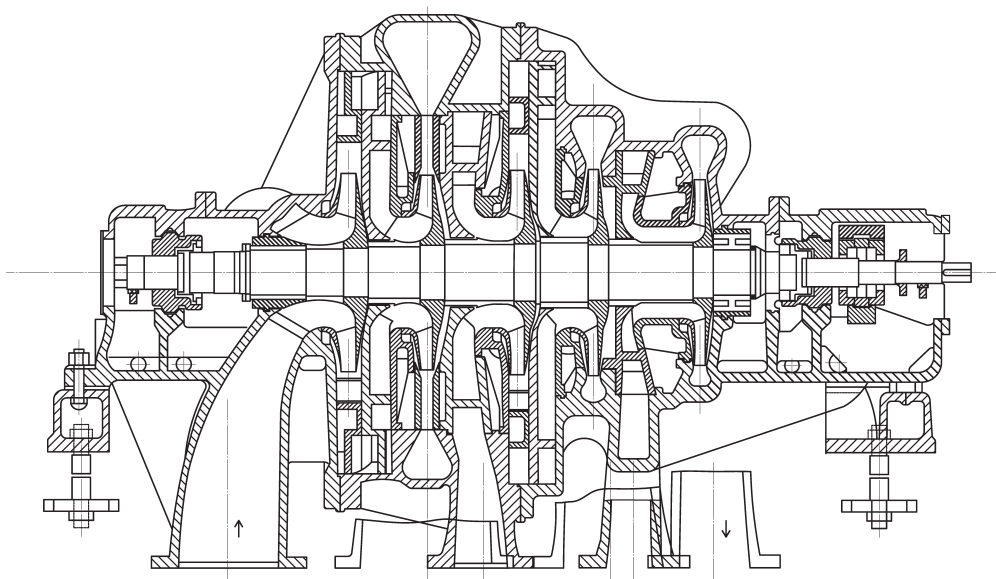


Рис. 6. Общий вид центробежного компрессора

в корпусе могут появиться трещины, коробление, коррозия, эрозия.

Детали ротора во время работы в результате наложения действующих центробежных сил, динамических нагрузок со

стороны потока рабочей среды и температурных деформаций также подвержены возникновению в них сложного напряженно-деформированного состояния. Выявляемые повреждения деталей роторов представлены на рис. 7–9.

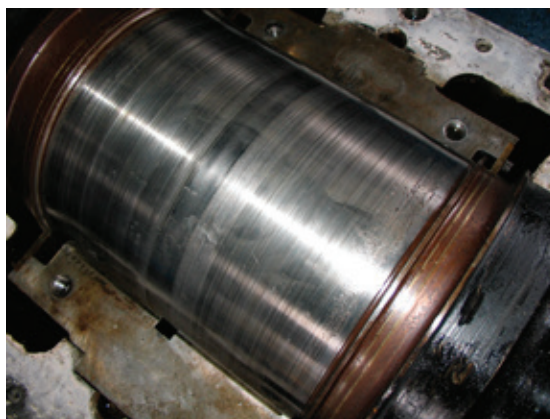


Рис. 6. Коррозионное повреждение поверхности подшипниковой шейки вала ротора центробежного компрессора (материал — сталь 40ХН2МА)



Рис. 7. Коррозионное повреждение рабочих колес центробежного компрессора



Рис. 8. Обрыв конца зубчатого вала-колеса редуктора центробежного компрессора вследствие фреттинг-износа (материал зубчатого вала-колеса — сталь 40ХНМА)

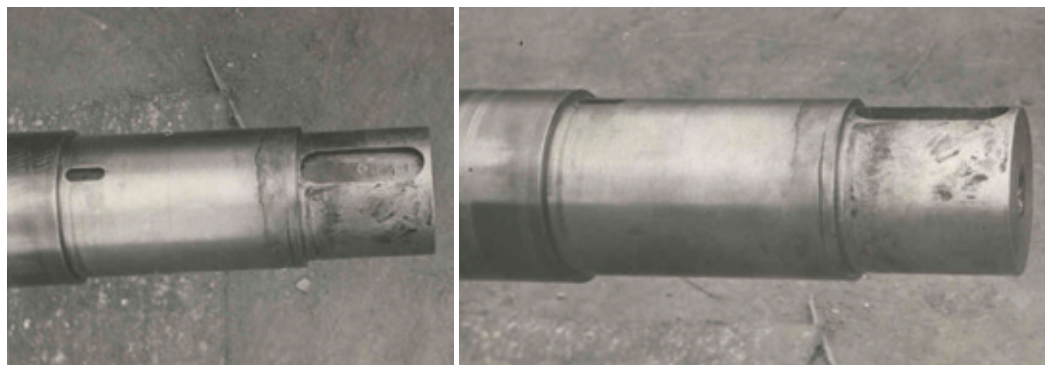


Рис. 9. Фреттинг-коррозия на шейке вала ротора компрессора в месте посадки полумуфты (слабая посадка полумуфты — натяг 0,015 мм при допустимом 0,03 мм)

Как известно, увеличение продолжительности межремонтного цикла непрерывной работы является одной из первоочередных задач модернизации любого компрессорного оборудования. В последние годы активно ведется работа и в этом направлении. Основной тенденцией такой модернизации, в частности, центробежных компрессоров, является замена масляных уплотнений на сухие газодинамические, что повышает наработку на отказ компрессора на $\approx 25\%$, и замена масляных подшипников системой магнитного подвеса, что позволяет избавиться от масло-системы и повысить продолжительность работы компрессора еще в 2,5 раза [4]. Однако для реализации таких проектов по модернизации требуется глубокая реконструкция компрессорного оборудования, что на данный момент весьма проблематично. Таким образом, пока большую

часть на предприятиях занимает компрессорное оборудование в стандартной комплектации, требуется учитывать существующие реалии.

Выводы

Исходя из большого практического опыта в области промышленной безопасности динамического оборудования рассмотрено наиболее распространенное в нефтеперерабатывающем и нефтехимическом производстве компрессорное оборудование.

Рекомендуется при диагностировании такого или аналогичного указанному в статье компрессорного оборудования особое внимание уделять выявленным наиболее подверженным повреждению элементам.

Литература:

1. Абдурашитов, С.А. Насосы и компрессоры / С.А. Абдурашитов, А.А. Тупиченков, И.М. Вершинин, С.М. Тененгольц. — М.: Недра, 1974. — 296 с.
2. ОТУ-85. Общие технические условия по ремонту поршневых компрессоров. — Волгоград, 1985 г. — 364 с.

3. УО 38.12.007–87. Центробежные компрессоры. Общие технические условия на ремонт. — Волгоград, 1988. — 367 с.
4. Селянская, Е.Л. Модернизация центробежного компрессора — замена масляных подшипников магнитным подвесом ротора / Е.Л. Селянская, А.А. Губайдуллин // Компрессорная техника и пневматика. — 2010. — № 4. — с. 38–44.

Особенности эксплуатации и диагностирования динамического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Часть 1. Насосное оборудование

Серов Игорь Михайлович, первый заместитель генерального директора, эксперт;
 Зубков Андрей Викторович, заведующий лабораторией, эксперт;
 Паршиков Сергей Владимирович, ведущий инженер, эксперт;
 Коробов Александр Викторович, инженер
 ООО «ЦДКНХО»

На основе большого опыта экспертной организации в области промышленной безопасности динамического оборудования, работающего в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли промышленности, проведен анализ особенностей диагностирования насосного оборудования. Полученная статистика наиболее часто выходящих из строя элементов указанного оборудования позволяет более оперативно и качественно проводить мониторинг и диагностирование его технического состояния.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, насосное оборудование, диагностирование технического состояния.

В связи с увеличением производительности нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств происходит увеличение задействованного в технологических процессах динамического оборудования, в частности насосного. Весьма большое разнообразие такого оборудования, связанное со спецификой предприятия, характеристиками перекачиваемой среды и др., требует высокого профессионализма специалиста в области промышленной безопасности динамического оборудования.

Практический опыт специалистов нашей организации позволил проанализировать основные причины выхода из строя элементов насосного оборудования и выявить наиболее часто выходящие из строя детали для каждого типа обследованных насосов предприятий. За основу было принято насосное оборудование АО «Газпромнефть-МНПЗ» (г. Москва), ООО «Ставролен» (г. Буденновск), ООО «Лукойл-УНП» (г. Ухта).

Основными видами повреждения материала динамического оборудования, в частности насосного оборудования, является коррозия и эрозия от воздействия среды, кавитационный износ и фреттинг-коррозия [1]. Поскольку рабочие среды в нефтепереработке и нефтехимии в основном коррозионно-активны, то и процесс изнашивания в их присутствии происходит более интенсивно.

Насосы, перекачивающие нефтепродукты, также достаточно часто подвергаются повреждениям деталей в связи с неправильной их термообработкой, перегревом, выработкой подшипников качения или скольжения и т.д. [1].

Наиболее распространенным, исходя из практического опыта, насосным оборудованием нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств являются:

- центробежные насосы, в том числе и герметичные;
- винтовые насосы;
- плунжерные и поршневые насосы;
- шестеренные насосы.

Рассмотрим каждый тип указанного насосного оборудования с определением наиболее часто выходящих из строя элементов.

Центробежные насосы

В нефтеперерабатывающем производстве насосное оборудование центробежного типа в большинстве случаев представлено насосами марки НК (рис. 1) и НПС. В связи с весьма высокой опасностью области применения такие насосы, как и любые другие, должны строго соответствовать их целевому назначению [2], поэтому необходимо в обязательном порядке учитывать требования нормативной документации по эксплуатации и ремонту центробежных насосов [3].

Как для насосов марки НК, так и для НПС наиболее подверженными повреждению являются: валы, рабочие колеса, посадочные места корпусов подшипников, а также сам корпус проточной части насоса. Элементы указаны в порядке убывания по частоте выхода из строя.

Рабочие колеса подвержены практически всем вышеперечисленным видам повреждений. Помимо коррозион-

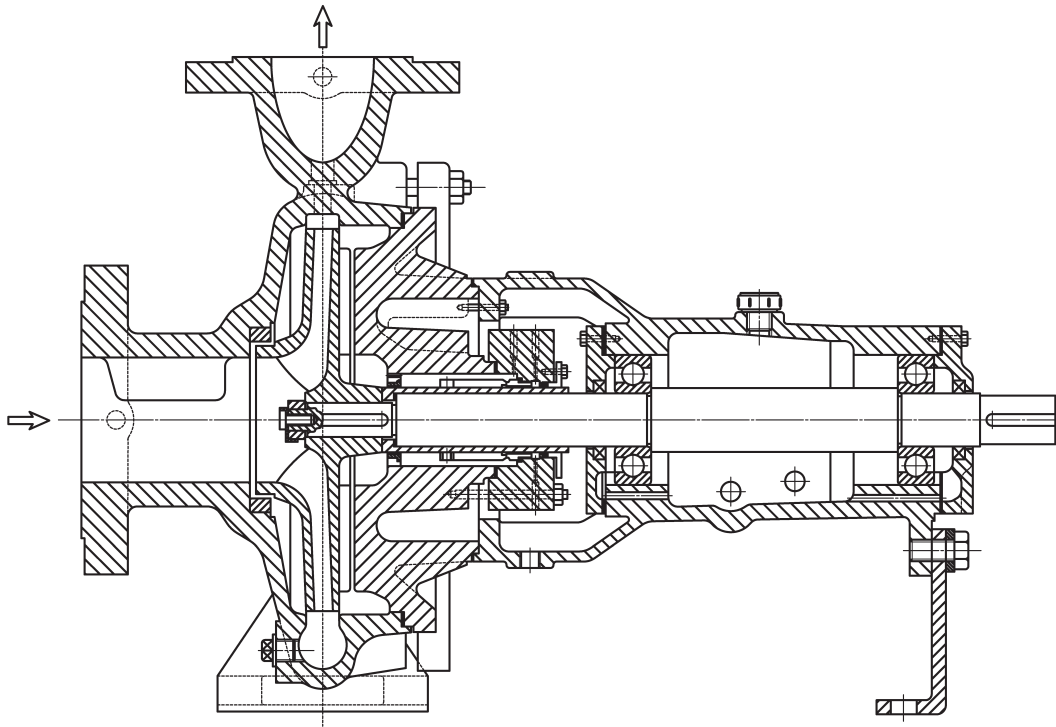


Рис. 1. Общий вид центробежного насоса марки НК

ного износа и факта эрозии от агрессивной среды крайне опасным является эрозия стенок колеса, вызванная возникновением кавитации в насосе, что приводит к сильным ударам, повышению вибрации, выщерблению и разъеданию материала стенок [2].

Кроме того, при перекачке нефтепродуктов значительная часть энергии насоса превращается в тепло. Тепловой эффект вызывает температурное расширение ротора, но корпус не успевает сильно нагреться, чтобы расшириться соответственно. Поэтому возможно уменьшение требуемых зазоров. Обычно это может возникнуть при работе насоса на закрытую задвижку или малой подаче, что рекомендуется учитывать при эксплуатации насосного оборудования и принимать соответствующие меры по устранению возможности такого перегрева (байпасы, блокировки и т.д.). Кстати, такие достаточно высокие потери энергии обходятся нефтеперерабатывающим заводам очень дорого [4].

Необходимо отметить, что многие насосы центробежного типа по своим техническим характеристикам и надежности во многом требуют доработки и совершенствования. Работа по модернизации центробежных насосов для нефтепереработки с минимальными потерями для производства при их монтаже и эксплуатации уже ведутся достаточно активно [5], результатом чего является экономия электроэнергии и повышение КПД насосов.

Центробежные герметичные насосы

Насосы такого типа нашли широкое применение для перекачки различных агрессивных, горючих, взрывоопасных и других жидкостей.

В ряде производств, где перекачиваемая жидкость может вступить в реакцию с окружающим воздухом, невозможно обойтись без герметичных насосов [6].

Наиболее распространенными центробежными герметичными насосами на объектах нефтепереработки и нефтехимии являются насосы типа ЦГ (рис. 2).

Более часто при обследовании насосов такого типа встречается износ упорных пят трения, выполненных из силицированного графита или фторопласта и препятствующих осевому перемещению вала-ротора.

Менее часто происходит повреждение защитной гильзы вала-ротора, служащей для герметизации сердечника ротора и обмотки от перекачиваемой жидкости. Обычно повреждение гильзы происходит в случае перекачки среды с грубыми механическими частицами, которые могут попасть в зазор между статором и ротором.

Намного реже выходят из строя рабочие колеса таких насосов вследствие достаточно высокой износостойкости материала их исполнения (например, 12X18H10T или 10X17H13M2T).

Винтовые насосы

В нефтепереработке наибольшее распространение получили одно-, двух- и трехвинтовые насосы (рис. 3), значением которых является перекачивание различных сортов нефти, топлива, масел, битумов и др. [7].

Особенностью таких насосов является тот факт, что винты выполняют роль рабочего органа по перекачке среды. Винты изготавливают из износостойких материалов, поэтому их рабочие поверхности, контактирующие с перекачиваемой средой, редко имеют существенные повреждения.

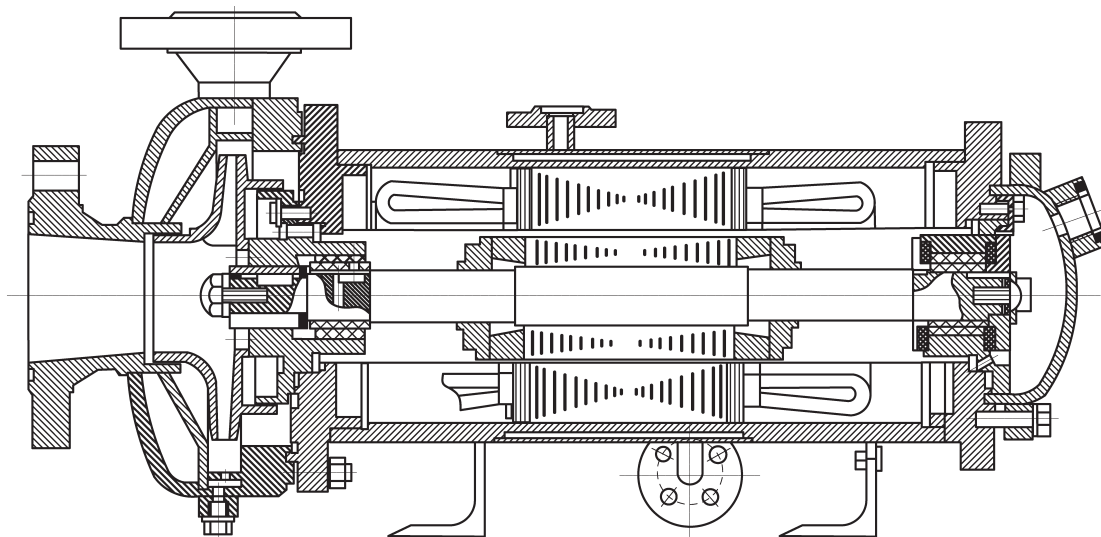


Рис. 2. Общий вид центробежного герметичного насоса марки ЦГ

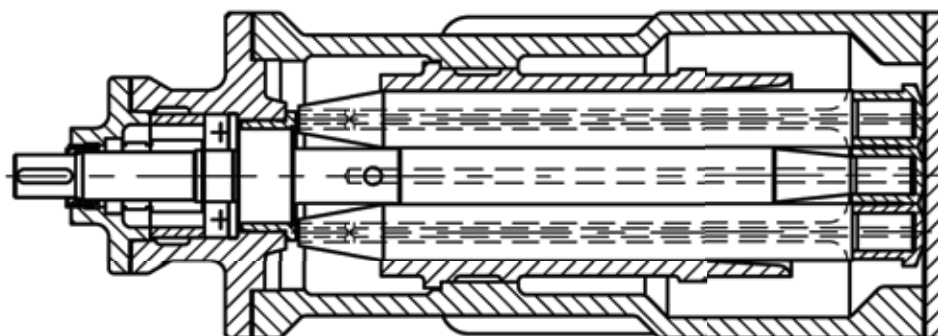


Рис. 3. Общий вид трехвинтового насоса

Более интенсивно изнашиваются подшипниковые шейки винтов и посадочные отверстия корпусов подшипников.

Плунжерные и поршневые насосы

Оба типа насосов широко распространены в нефтепереработке.

Из поршневых насосов (рис. 4) наиболее широкое применение получили паровые, снабженные паровым приводом. Поршневые насосы должны быть особенно точно изготовлены и по точности изготовления стоят в одном ряду с двигателями внутреннего сгорания и компрессорами. Характеризуются достаточно высоким КПД (0,8–0,85).

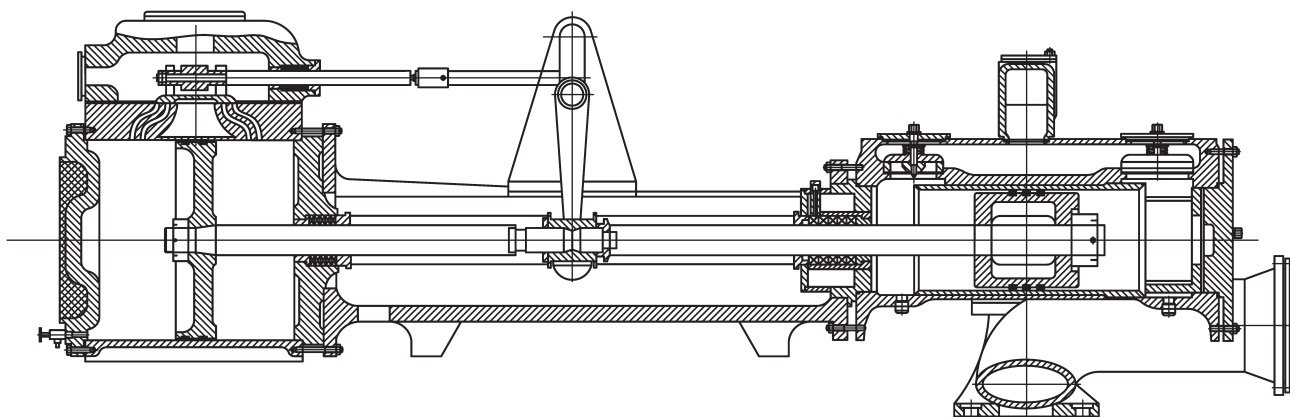


Рис. 4. Общий вид поршневого насоса марки ПДГ

Основными видами повреждения рабочих элементов поршневого насоса является коррозия и непосредственно сам износ от трения. Шток как гидравлической, так и паровой части интенсивно корродируют и на практике чаще выходят вследствие этого из строя. Пара «цилиндр-поршень» помимо самой коррозии подвергается интенсивному износу от трения, что также ведет к периодическому выходу этих элементов из строя.

Плунжерные насосы (рис. 5) применяют в большинстве случаев как дозировочные (или дозаторные). Самым распространенным в таких насосах является износ главного рабочего органа — плунжера, который обычно изготавливают из коррозионно-стойкой стали или композитного материала.

При эксплуатации, организации и проведении ремонта поршневых и плунжерных насосов необходимо учитывать требования соответствующих нормативных документов, в частности [8].

Шестеренные насосы

Шестеренные насосы (рис. 6) просты по конструкции, компактны и надежны в эксплуатации, однако не так часто применяются в нефтеперерабатывающей промышленности. Их применение в этой отрасли промышленности обычно ограничено перекачиванием вязких жидкостей.

Практика показывает, что основным повреждением таких насосов является износ зубчатого зацепления

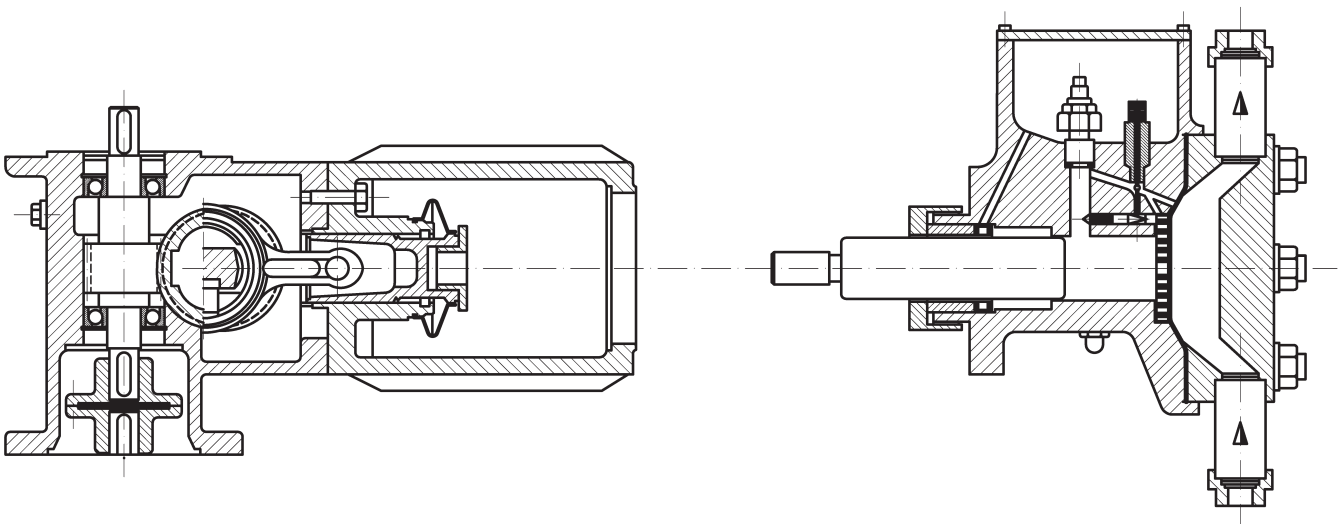


Рис. 5. Общий вид плунжерного насоса

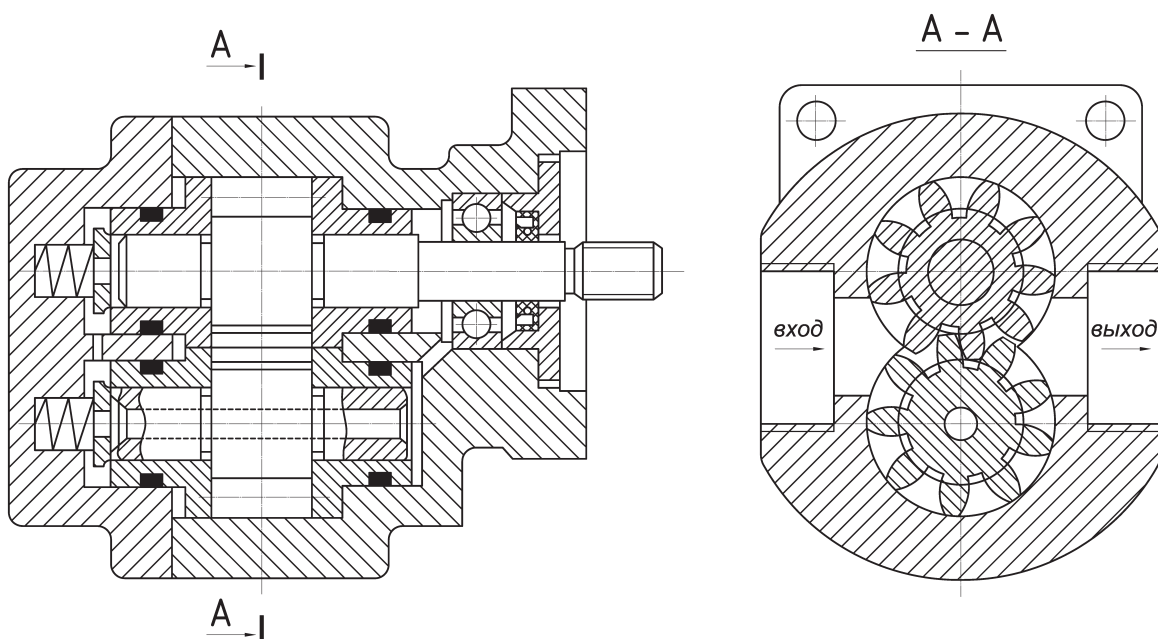


Рис. 6. Общий вид шестеренного насоса

вследствие перекачки вязкой среды с включением различных грубых механических примесей.

Выводы

Исходя из большого практического опыта в области промышленной безопасности динамического оборудо-

вания рассмотрено наиболее распространенное в нефтеперерабатывающем производстве насосное оборудование.

Рекомендуется при диагностировании такого или аналогичного указанному в статье насосного оборудования особое внимание уделять выявленным наиболее поврежденным повреждению элементам.

Литература:

1. Берлин, М. А. Ремонт и эксплуатация насосов нефтеперерабатывающих производств / М. А. Берлин. — М.: Химия, 1970. — 280 с.
2. Абдурашитов, С. А. Насосы и компрессоры / С. А. Абдурашитов, А. А. Тупиченков, И. М. Вершинин, С. М. Тененгольц. — М.: Недра, 1974. — 296 с.
3. УО 38.12.018–94. Общие технические условия по ремонту центробежных насосов. — Волгоград: ИПК «Царицын», 1995 г. — 304 с.
4. Микерин, Б. Об энергосбережении в нефтепереработке / Б. Микерин, А. Швиндин // Насосы и оборудование. — 2015. — № 4 (93)–5 (94). — с. 46–48.
5. Шиян, А. Модернизация центробежных процессных насосов для нефтепереработки серий НПС и НК до соответствия требованиям стандарта API 610 — ИСО 13709 / А. Шиян, Е. Князева, А. Михайличенко // Насосы и оборудование. — 2014. — № 2–3. — с. 54–57.
6. Буренин, В. В. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов / В. В. Буренин и др. — М.: Машиностроение, 1977. — 152 с.
7. Балденко, Д. Ф. Винтовые насосы / Д. Ф. Балденко, М. Г. Бидман, В. Л. Калишевский и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 224 с.
8. ОТУ-80. Общие технические условия по эксплуатации и ремонту поршневых и плунжерных насосов. — Волгоград, 1980. — 136 с.

Выявление причин возникновения силовых трещин осадочного характера в кирпичной кладке стены здания, построенного в две очереди, при проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений

Серов Игорь Михайлович, первый зам. генерального директора, эксперт;
 Зубков Андрей Викторович, заведующий лабораторией НК и ТД, эксперт;
 Паршиков Сергей Владимирович, ведущий инженер, эксперт
 ООО «ЦДКНХО» (г. Волгоград)

В данной статье рассмотрена специфика выявления причин возникновения силовых трещин осадочного характера в кирпичной кладке стен при проведении экспертизы зданий и сооружений.

Ключевые слова: силовые трещины, кирпичная кладка, промышленная безопасность, экспертиза.

Объём плановых экспертиз промышленных зданий и сооружений нефтеперерабатывающей промышленности в России значительно вырос за последнее время. Многие из них были пущены в эксплуатацию более чем полвека назад. Специфичность и сложность проведения экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений заключается в значительном объёме работ при обследовании, который может возрасти по ходу проведения диагностирования.

Совокупность мероприятий при проведении экспертизы зданий и сооружений конечной своей целью кроме прод-

ления остаточного ресурса имеет выявление причин повреждений объектов экспертизы. Эти повреждения могут носить самый разнообразный характер. И соответственно, причины их возникновения могут быть самые разнообразные. Владелец объекта экспертизы после получения на руки заключения экспертизы промышленной безопасности должен иметь чёткое представление не только о характере всех выявленных повреждений, но и о причинах их возникновения, а соответственно, должен быть готов заложить в будущую дефектную ведомость не только расходы на устранение повреждений, но и на устранение причин их появления.

С целью определения остаточного ресурса авторами статьи было проведено техническое диагностирование здания механических мастерских, расположенного на территории опасного производственного объекта в городе Ухта (рис. 1).

Здание механических мастерских строилось в 2 очереди. Согласно данным паспорта здание было введено в эксплуатацию в 1950 году.

Здание мастерских одноэтажное, с продольными несущими стенами из керамического кирпича. Габариты в осях $36,0 \times 36,0$ м, высота от уровня земли $h=6$ м. План здания представлен на рис.2.

Несущие ограждающие кирпичные стены толщиной 640 мм, внутренние 250 мм — оштукатурены только изнутри. Стены на 0,4 м заглублены в грунт.

Фундаменты здания ленточные бутовые на естественном основании глубиной заложения — 2,0 м с горизонтальной рулонной гидроизоляцией по верху фундамента.

При проведении технического диагностирования были выявлены многочисленные повреждения строительных конструкций здания (замачивание, растрескивание и частичное обрушение внутреннего штукатурного покрытия перекрытий стен, перекрытий; силовые осадочные тре-



Рис. 1. Общий вид здания механических мастерских

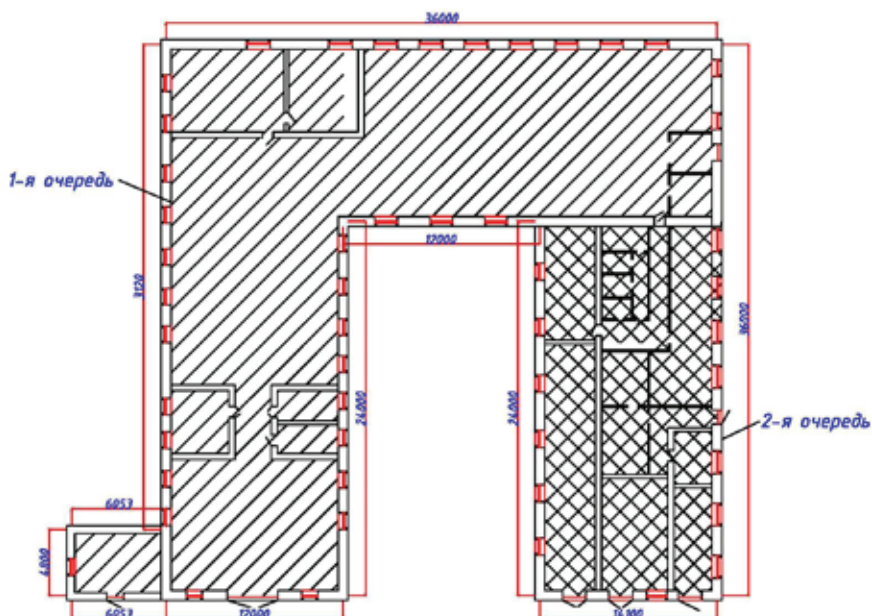


Рис. 2. План здания механических мастерских

щины наружных стен, отклонение от вертикали стен здания). Отмостка здания отсутствует.

Кроме того, была выявлена сквозная вертикальная осадочная трещина шириной раскрытия до 60 мм на всю высоту стены (рис.3).

Срок эксплуатации здания — 65 лет. Поэтому многочисленные повреждения здания, расположенного в достаточно суровых климатических условиях, вполне объяснимы. Но наличие силовых, осадочных трещин

свидетельствует о том, что фундамент здания перестал в должной мере воспринимать нагрузку от несущих стен. Была проведена отрывка двух шурфов в разных местах здания. Шурф № 1 относится к первой очереди строительства (рис.4), шурф № 2 — ко второй (рис.5).

После отрывки в шурфе № 2 были выявлены многочисленные дефекты, относящиеся к моменту строительства здания:

- недостаточная глубина заложения фундамента;



Рис. 3. Вертикальная осадочная трещина



Рис 4. Шурф № 1

- примыкание к фундаментам основного здания на разном уровне;
- наличие кирпичных вставок в стенах фундамента;
- под отдельными участками стены фундамент отсутствует;
- отсутствие бетонных подушек в основании ленточного фундамента;
- отсутствие горизонтальной рулонной гидроизоляции в местах опирания несущих стен на фундаменты.

методом уширения подошвы путём устройства двусторонней железобетонной обоймы (банкет), обеспечивающей работу совместно с существующими фундаментами.

Можно предположить, что причиной выявленных нарушений при устройстве фундаментов данного здания стал целый ряд факторов, а именно:

- отсутствие отмости здания;
- здание строилось в две очереди;
- заменой необходимых строительных материалов,



Рис 5. Шурф № 2

Техническое состояние фундаментов в месте второго шурфа было оценено как неработоспособное (категории опасности дефектов «А»).

Выводы

Предприятию были предложены мероприятия, позволяющие восстановить работоспособность здания путём заделки трещин цементным раствором и герметизации в местах протечек путем инъецирования цементного раствора на расширяющих добавках, усиление фундаментов

требующихся по проекту теми, что были в наличии;

- отсутствием строительных материалов, требуемых по проекту, в условиях планово-экономической системы страны;
- отсутствие квалифицированного персонала строителей.

При проведении обследования необходимо уделять особое внимание на конструкции, которые строились в две, три и т.д. очереди строительства, так как здесь возможно появление дефектов заложенных на стадии строительства.

Литература:

1. СА-03–006–06. Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывоопасные и химически опасные объекты. — М.: 2008. — 236 с.
2. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. — СПб.: 2001. — 140 с.

Оценка фактического состояния и определение возможной динамики развития прогибов и кренов несущих конструкций технологической эстакады

Серов Игорь Михайлович, первый зам. генерального директора, эксперт;
Зубков Андрей Викторович, зав. лабораторией НК и ТД, эксперт;
Паршиков Сергей Владимирович, ведущий инженер, эксперт
ООО «ЦДКНХО» (г. Волгоград)

В статье приводится способ оценки фактического состояния и определение возможной динамики развития прогибов и кренов несущих конструкций технологической эстакады.

Ключевые слова: *геодезический контроль, прогиб строительных конструкций, промышленная безопасность, экспертиза, нивелир*

В современных реалиях российской экономики, зачастую, замена технологических трубопроводов проводится с реконструкцией строительных конструкций эстакад, но без их полной замены.

При проведении освидетельствования эстакады после реконструкции необходимо оценить возможную осадку эстакады, динамику её развития.

Геодезический контроль строительных конструкций промышленных сооружений используется для определения их несущей способности и эксплуатационной пригодности. Для определения осадок основных несущих элементов эстакад используется нивелир с геодезической рейкой.

После реконструкции эстакады под трубопроводы, расположенной на территории опасного производственного объекта в городе Москва, было зафиксировано отклонение высотных отметок поперечных балок. Авторами статьи были выполнены мероприятия с целью определения осадок, прогибов, а также остаточной несущей способности строительных конструкций эстакады.

Оценить основную причину фактического положения конструкций (неравномерные осадки эстакады или низкое качество строительно-монтажных работ) в условиях отсутствия ранее проводимых геодезических наблюдений не представлялось возможным.

Несущие элементы эстакады состоят из опор под трубопроводы, выполненные в сборном железобетоне и металле (встроенные в систему конструктивные элементы при техническом перевооружении установки). Железобетонные опоры состоят из двух безконсольных колонн сечением 300х400 мм высотой 5 м, расстояние между колоннами (в осях) 3 м. Между колоннами на высоте 4 м и по оголовкам колонн установлены сборные железобетонные балки сечением 400х200 мм. Стальные стойки выполнены из швеллеров № 16 и № 12.

В процессе технического перевооружения установки, в соответствии с проектом реконструкции, в конструктивное решение эстакады были внесены изменения:

– на железобетонные опоры, для увеличения несущей способности, смонтированы стальные поперечные балки из спаренного швеллера № 16;

– демонтирована одна железобетонная опора;
– смонтированы дополнительные опоры из трубы квадратного профиля 160х5мм;
– для обслуживания трубопроводов в, дополнительно смонтированы три площадки.

Между колоннами на высоте 4 метра и по оголовкам колонн установлены сборные железобетонные балки, сечением 400х200 мм.

Общий вид эстакады представлен на рис. 1.

Работы проводились в три этапа. На первом этапе был произведен инструментальный контроль, закрепление контрольных точек на конструкциях опор и выполнен первый цикл геодезических измерений с привязкой к ближайшему реперу.

При инструментальном контроле было установлено:

– основные геометрические параметры конструкций, выполненные в процессе технологического перевооружения, соответствуют проекту;

– прочность бетона железобетонных конструкций не ниже класса В20, структура бетона неповрежденных зон плотная, однородная;

– армирование колонн: продольная рабочая арматура Ø25 мм класса А-II, поперечная Ø8 мм класса А-I (II) шагом 250 мм, величина защитного слоя бетона неповрежденных зон не менее 30мм;

– армирование балок: продольная арматура Ø18мм и Ø12мм класса А-II в нижней грани элемента, Ø18мм класса А-II в верхней грани, поперечная арматура Ø8 мм класса А-I с шагом 200 мм, величина защитного слоя бетона неповрежденных зон не менее 30 мм;

– степени карбонизации бетона защитных слоев установлено, что глубина карбонизации не превышает 3 мм, при величине защитного слоя бетона в указанных зонах от 25 мм;

– прогибы балок опор не превышают 5,5 мм, что менее предельно допустимых значений — 1/200 пролета, результаты контроля для стальных балок представлены на рис. 2, для представленных железобетонных балок — на рис. 3.

Отклонения колонн от вертикальности не превышают критических значений (0.05 мм), при этом крен колонн



Рис. 1. Общий вид эстакады

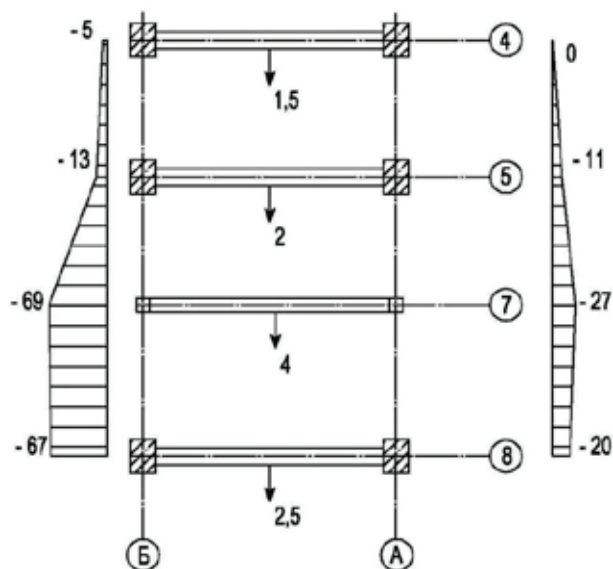


Рис. 2. Результаты нивелировки стальных балок

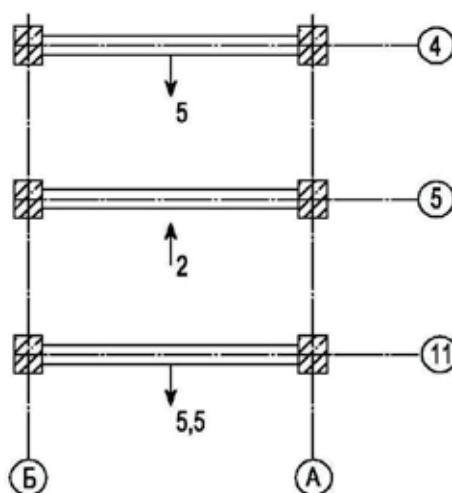


Рис. 3. Результаты нивелировки железобетонных балок

по осям «Б/3–5/1», «Б-6», «Б-7», «А-11» находится в интервале от 0.025 до 0.05 мм, что характеризует конструкции как ограниченно-работоспособные (рис. 4).

По отдельным узлам сопряжения балок и колонн опор эстакады выявлены деформации и зазоры между элементами (рис. 5).

Во время второго этапа (через три месяца) и третьего этапов (через шесть месяцев) были произведены замеры

геодезических измерений по ранее закреплённым контрольным точкам, с привязкой к ближайшему реперу.

По результатам мониторинга выраженных осадок в контрольный период не было зафиксировано, что свидетельствует о формировании данных дефектов на более ранней стадии эксплуатации (либо в процессе строительно-монтажных работ) и о стабильном положении конструкций в период мониторинга.

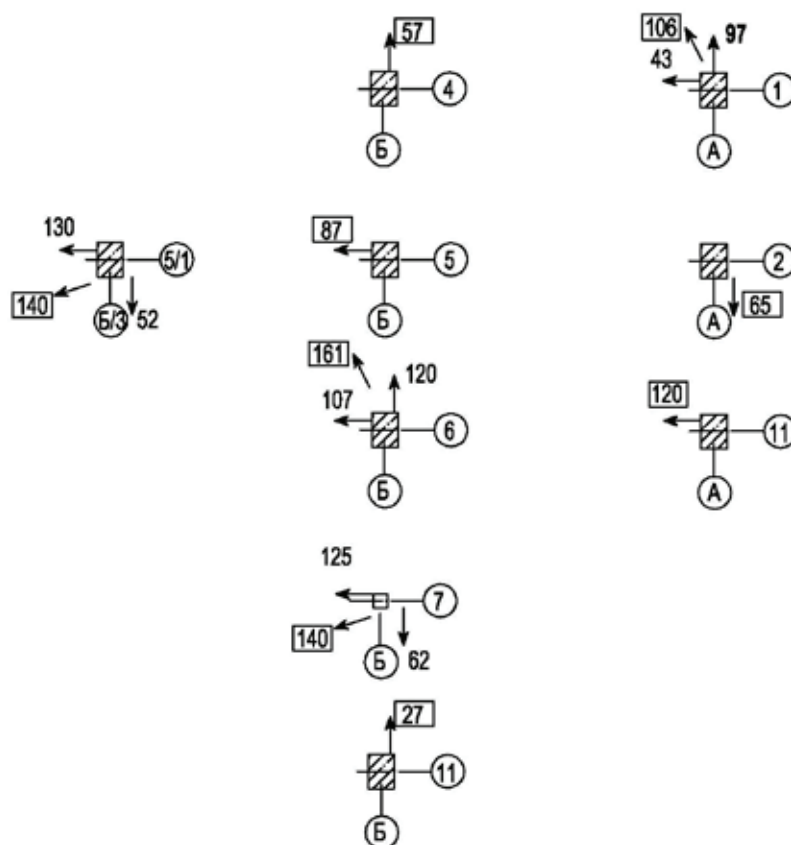


Рис. 4. Результаты измерения кренов колонн



Рис. 5. Зазор между балкой и опорным столиком колонны по оси «Б-8», отм. +4,000

Выводы

При эксплуатации промышленных зданий и сооружений необходимо вести постоянные геодезические на-

блюдения, позволяющие оценивать динамику развития осадок и тем самым снизить риск наступления предельного состояния первой группы строительных конструкций.

Литература:

1. Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывоопасные и химически опасные объекты: СА-03—006—06. — М., 2008, — 236с.
2. Геодезические работы в строительстве. СП 126.13330. — М., 2012. — 78с.
3. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. — СПб., 2001. — 140 с.

Специфика и проблемы обследования промышленных зданий и сооружений

Серов Игорь Михайлович, первый зам. генерального директора, эксперт;
Зубков Андрей Викторович, зав. лабораторией НК и ТД, эксперт;
Паршиков Сергей Владимирович, ведущий инженер, эксперт
ООО «ЦДКНХО» (г. Волгоград)

В данной статье рассмотрена специфика и проблематика обследования зданий и сооружений на опасных производственных объектов.

Ключевые слова: *обследование, здания и сооружения, экспертиза промышленной безопасности.*

Проведение экспертизы промышленной безопасности и продления остаточного ресурса зданий и сооружений на опасном производственном объекте — стандартная и, в общем обывденная задача для экспертной организации. Но, как и у любой задачи, здесь так же имеется несколько «подводных камней», о которых мы упомянем в нашей статье.

Как известно, в настоящее время практически все нефтехимические заводы нашей страны в угоду экономии, невзирая при этом на здравый смысл, переходят на всё более длительные циклы межремонтных пробегов. И если остаточный ресурс технологического оборудования подгоняется под эти сроки пробегов, то со зданиями и сооружениями так не получается. Согласно п.4.1.12, РД 22—01—97 срок следующего обследования назначается не позднее чем через 5 лет. Руководство предприятий — собственников не согласно с данным пунктом РД. Но нужно понять и экспертные организации, которые порой, спустя пять лет после выдачи заключения, видят отсутствие каких-либо работ по ремонту объекта. Поэтому зачастую обследование промышленных зданий и сооружений проходит без остановки технологического оборудования. Вибрация, высокие температуры, шум — эти факторы негативно влияют на проведение обследования.

Еще одной проблемой является недостаточное количество проектной документации по обследуемому объекту. Одной из задач обследования является сравнение на соответствие чертежей и самого объекта обследо-

вания. В паспорте здания или сооружения может находиться, в лучшем случае, план объекта и ведомость с отметками о проведённых освидетельствованиях. Поэтому все поиски переносятся в архив предприятия. Только там можно найти чертежи марки АС, АР, КЖ и тд. Так как обследуемые здания имеют довольно солидный стаж, в них соответственно зачастую проводились перепланировки, делались пристройки и тп. Так вот акты о проведённых скрытых работах, чертежи с новыми планами, предыдущие заключения экспертиз промышленной безопасности с корректирующими мероприятиями также проблематично изыскать. А ведь всё это необходимый материал для полноценного обследования.

Ещё одной проблемой на предприятиях является отсутствие реперов государственной геодезической сети (рис. 1).

Не имея на руках точных данных об осадках объекта, имеющих конкретную привязку к единой системе высотных координат, невозможно оценить полученные данные при проведении диагностировании. Что перед тобой — развивающийся дефект или брак, оставленный строителями полвека назад, не имеющий никакой динамики развития?

Бездумное вмешательство в систему, находящуюся в равновесии много лет, сулит как огромными финансовыми потерями, так и полной неизвестности от возможного некачественного исправления, которое может лишь усугубить всю ситуацию.



Рис. 1. Репер на железобетонной стойке технологической эстакады

В настоящее время, на предприятиях при проведении реконструкции, здания обшивают металlosайдингом. Или, как ещё говорят — устраивают вентилируемый фасад (рис.2). У этого решения есть свои плюсы и минусы.

Из плюсов: — здание получает внешний каркас, дополнительную пространственную прочность, защиту от атмосферных осадков, отличный внешний вид, особенно когда цветовая гамма соответствует корпоративным цветам.



Рис. 2. Здание в металlosайдинге

Из минусов: невозможность замерить крены наружных стен и выявить возможные осадочные трещины. Для эксперта, гораздо удобней, когда для облагораживания фасадов зданий используется торкретбетон. Применение торкретбетона позволяет снизить агрессивное воздействие атмосферных и техногенных осадков, защитить и восстановить защитный слой бетона от вымывания, не допустить коррозии арматуры. А самое главное — наружные стены доступны для визуального осмотра и ремонта, при возможных осадках фундамента.

При проведении геодезических измерений внутри зданий, большую помеху представляет технологическое оборудование.

Ещё одним аспектом обследования промышленного здания является наличие в нём электропомещений, ко-

торые занимают значительную часть объёма здания. Для допуска внутрь эксперту необходимо иметь аттестацию элетроперсонала. А это ведёт к дополнительным затратам экспертной организации.

Обязательным элементом здания при обследовании является кровля. Редко когда по периметру кровли здания или сооружения есть ограждение (рис. 4), а значит, обследование кровли попадет под определение работы на высоте, согласно Правилам по охране труда при работе на высоте. Для работы на высоте необходима дополнительная аттестация персонала, оснащённость средствами индивидуальной защиты.

При определении прочности железобетонных конструкций используют приборы с основанные на разрушающем и неразрушающем методах контроля.



Рис. 4. Кровля здания

Первый вариант — использовать измеритель прочности бетона ИПС–МГ, смотри рис.5.

Работа этого прибора основана на ударно-импульсном методе. Позволяет проводить неразрушающий контроль

железобетонных и кирпичных конструкций. При замерах прочности железобетонных конструкций, необходимо проводить тщательную зачистку поверхностного карбонизированного слоя.



Рис. 5. Измеритель прочности бетона ИПС–МГ

Второй вариант — разрушающий метод. Определение прочности бетона скалыванием, прибором типа ОНИКС-ОС, см. рис.6.

Неудобство данного варианта заключается в том, что прибору необходимо напряжение 220В, что обуславливает необходимости переноски. В этом методе есть свои минусы, так как нужны большие затраты не в плане финансового, а в плане физического — затрата силы. Но этот метод считается одним из самых точных. Нужно выбрать такие участки конструкции, которые ровные и без твердых бугорков. А после проведения контроля, остаются неровные вырывы из тела конструкций, которые необходимо заделывать владельцу объекта.

При проведении осмотра объекта обследования, выявление осадочных трещин на наружных стенах, свидетельствует о просадках фундамента (рис 7).

В таком случае необходимо провести открытие шурфов, которое проводится с обязательным оформлением наряда допуска на газоопасные работы. Сложность состоит так

же и в том, что иногда невозможно и даже рискованно использовать технику. Работа должна проводиться вручную, чтобы не повредить стену и фундамент здания. При этом необходимо вскрыть отмостку здания. После выявления причин просадки фундамента, а они могут быть самые разнообразные — необходимо предложить владельцу объекта варианты исправления повреждения. Поэтому непонятно, что делать при обнаружении дефектов, которые невозможно устранить здесь и сейчас и которые могут быть устранены в течение некоторого времени

Выводы

Специфичность обследования промышленных зданий и сооружений заключается в большом объеме работ, часто без остановки технологического оборудования, с факторами, усложняющими работу — вибрация, высокие температуры, шум, а также необходимо иметь аттестацию по электрооборудованию для допуска в помещение с работающим элект-



Рис. 6. ОНИКС-ОС

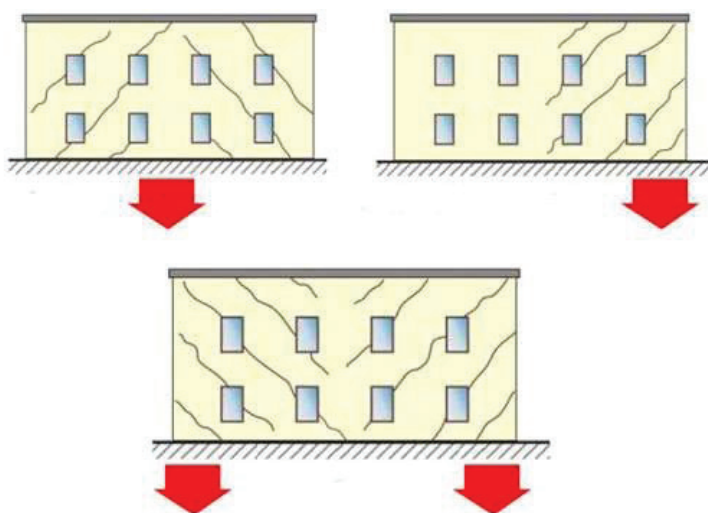


Рис. 7. Типы просадки фундамента

трооборудованием, допуском для работы на высоте, в связи с работой на неограждённых поверхностях кровли.

К проблемам проведения обследования промышленных зданий и сооружений относится:

- неполный объём технической документации на обследуемый объект;
- отсутствие реперов государственной геодезической сети и нормального доступа к различным частям здания, фасаду здания;

- неудобство проведения геодезических измерений внутри зданий из-за технологического оборудования;

- сложность и неудобство использования разрушающего контроля для определения прочности строительных конструкций;

- сложность отрывки шурфов, с обязательным оформлением наряда допуска на газоопасные работы, для определения причин возникновения осадочных трещин.

Литература:

1. СА-03–006–06. Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывоопасные и химически опасные объекты. — М.: 2008. — 236 с.
2. Гроздов, В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В.Т. Гроздов. — СПб.: 2001. — 140 с.
3. Правила по охране труда при работе на высоте. — М.: 2015. — 124 с.
4. РД 22–01–97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями). — М.: 1997. — 27 с.

Современные проблемы обеспечения безопасной эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления

Сигаилов Михаил Владимирович, ведущий инженер отдельного подразделения;
Матвеевцев Владимир Евгеньевич, ведущий инженер отдельного подразделения;
Шувакин Александр Евгеньевич, начальник отдельного подразделения
ООО «НОЦ ЭТ ТД» (г. Москва)

Предпринята попытка обратить внимание на необходимость усовершенствования современной нормативной правовой базы, устанавливающей требования промышленной безопасности к объектам сетей газораспределения и газопотребления. Предложено ввести принцип обязательности исполнения требований отобранных стандартов и сводов правил с целью повышения уровня безопасности указанных объектов.

Ключевые слова: *сети газораспределения и газопотребления, аварийность, промышленная безопасность, экспертиза, надзор.*

Бурное развитие газораспределительной системы началось со второй половины 50-х годов прошлого века и сопровождалось масштабными темпами строительства газовых сетей по территориям массового расположения потребителей жилищно-коммунальной сферы и промышленности на фоне общего роста экономики страны [1]. Следствием процессов перехода к рыночной экономике и приватизации начала 90-х годов прошлого столетия стала раздробленность газораспределительной системы, низкое качество технического обслуживания и ремонтов объектов системы, связанных с некомпетентностью и тяжелым финансовым положением эксплуатирующих организаций. Исходя из этого, очевидно, что современная консолидированная газораспределительная система, в большинстве своем, представлена совокупностью объектов находящихся в эксплуатации более 20 лет, требующих определения соответствия современным требованиям безопасности.

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2] сети газораспределения и сети газопотребления относятся к категории опасных производственных объектов (ОПО), что обусловлено взрыво- и пожароопасными свойствами транспортируемого по ним газа и подразделяются на II и III классы опасности.

Согласно закону [2], промышленная безопасность опасных производственных объектов (далее — промышленная безопасность, безопасность опасных производственных объектов) — состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

По данным статистики, опубликованной Межгосударственным советом по промышленной безопасности [3], за последние 6 лет аварийность ОПО газораспределения и газопотребления составляет в среднем 1/5 часть всех зарегистрированных аварий в стране. На рис. 1 представлена диаграмма, наглядно отражающая долю аварий проис-

шедших на объектах газораспределения и газопотребления в общем количестве зарегистрированных аварий на ОПО.

Основными причинами возникновения аварий и инцидентов на ОПО газораспределения и газопотребления являются [4, 5]: воздействия внешних факторов, влияющих на безопасность технологических процессов; техническое состояние ОПО; недостаточная проработка планов производства работ; несвоевременное и некачественное обслуживание; неисправность или отсутствие средств обеспечения безопасности; низкая квалификация персонала и др.

В целях предупреждения указанных причин, законодательством [2] предусмотрены: проведение экспертиз и осуществление государственного надзора в области промышленной безопасности. При этом, эффективность данных методов, зависит от совершенства нормативно-правовой базы, устанавливающей требования к безопасности опасных производственных объектов и их составляющих.

Современные организационные и правовые основы промышленной безопасности заключаются в соблюдении условий, запретов, ограничений и других обязательных требований, содержащихся в Федеральном законе № 116-ФЗ [2], других федеральных законах, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актах Президента Российской Федерации, нормативных правовых актах Правительства Российской Федерации, а также федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности.

Существующий подход обеспечения безопасности предполагает обязательное комплексное использование Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [6] (далее — ФНП) и Технического регламента «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [7] (далее — технический регламент) при эксплуатации, техническом перевооружении, ремонте, консервации и ликвидации сетей газораспределения и газопотребления.

При этом отличительной чертой ФНП и технического регламента является содержание минимального количе-

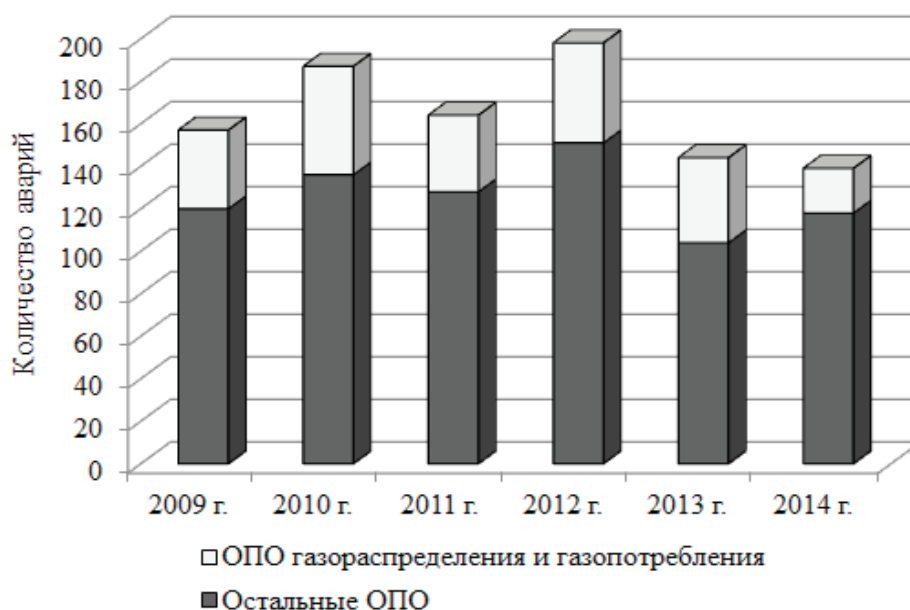


Рис. 1. Доля аварий, происшедших на объектах газораспределения и газопотребления, в общем количестве зарегистрированных аварий на ОПО

ства конкретных требований к объектам сетей газораспределения и газопотребления.

Основы технического регулирования, определенные Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [8], вызвали необходимость пересмотра требований нормативных документов, несоответствующих современному уровню научно-технического развития, а также впервые установили принцип добровольного применения документов национальной системы стандартизации в целях обеспечения требований технических регламентов. Также законом [8] предусматривается формирование органом по стандартизации (Росстандартом) перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований принятого технического регламента.

В настоящее время, в отношении сетей газораспределения и газопотребления, наряду с СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42–01–2002», разработана целая группа национальных стандартов с общим названием «Системы газораспределительные» (ГОСТ Р 54983–2012, ГОСТ Р 54961–2012, ГОСТ Р 54960–2012, ГОСТ Р 55472–2013, ГОСТ Р 56019–2014 и др.), часть из которых включена в сформированный и утвержденный Росстандартом перечень [9]. Статус неучтенных в перечне стандартов в соответствии с пунктом 4 статьи 16.1 Федерального закона № 184-ФЗ [8] определяется также принципом добровольного применения в целях обеспечения требований технического регламента.

В условиях дефицита специалистов необходимой квалификации, что следует из данных анализа причин аварий и инцидентов [4, 5], переход от обязательного, но при-

вычного исполнения правил к добровольному принятию решений в рамках технического регулирования вызывает большие сомнения в реализации показателей безопасности при эксплуатации ОПО газораспределения и газопотребления. При этом добровольное применение документов системы стандартизации нормативными правовыми актами не определено и, как следствие, не может служить основой при проведении экспертиз и осуществлении надзора в области промышленной безопасности, что снижает эффективность обеспечения безопасности опасных производственных объектов.

Минимизации количества аварий на объектах сетей газораспределения и газопотребления, вероятнее всего, удастся добиться дополнительным введением принципа обязательности исполнения требований отобранных стандартов и сводов правил. При этом реализацию данного принципа, предлагается осуществить последовательно в два этапа:

Этап 1: придание правовой основы принципу обязательности исполнения требований отобранных стандартов и сводов правил или их отдельных частей с целью повышения уровня безопасности объектов сетей газораспределения и газопотребления.

Этап 2: внесение изменения в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [6], например, раздел I дополнить пунктом 4.1 следующего содержания: «В целях приведения сетей газораспределения и газопотребления в соответствие с требованиями настоящих Правил и других нормативных правовых актов в области промышленной безопасности эксплуатирующая организация проводит комплексное обследование фактического состояния объекта, разрабатывает комплекс компенсационных мер по дальнейшей

безопасной эксплуатации таких объектов, включая обоснование их безопасности. Для реализации компенсационных мер вносятся изменения в проектную документацию (документацию)».

Таким образом, принятие предложенных мер по совершенствованию требований промышленной безопасности

объектов сетей газораспределения и газопотребления сможет служить правовой основой, повышающей эффективность экспертиз и государственного надзора в области промышленной безопасности, что, по нашему мнению, позволит значительно снизить количество аварий и инцидентов в данной области.

Литература:

1. Митюрин, Д. В. 200 лет использования газа в России / Д. В. Митюрин // Газ России. — 2011. — № 2. — с. 6–8.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. от 13 июля 2015 г.): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г. // Собр. законодательства Рос. Федерации. — 1997. — № 30. — Ст. 3588.
3. Информационные ресурсы: [Электронный ресурс] // Межгосударственный совет по промышленной безопасности. — URL: http://www.mspbsng.org/stat_accident/ (Дата обращения: 07.10.2015).
4. Волохина, А. Т. Анализ аварийности и травматизма на объектах систем газораспределения / А. Т. Волохина и др. // Безопасность труда в промышленности. — 2006. — № 6. — с. 18–23.
5. Ребров, С. А. Определение основных причин возникновения аварий на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления / С. А. Ребров и др. // Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 9. — с. 62–64.
6. Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности: утв. приказом Ростехнадзора от 15 нояб. 2013 г. № 542 // Бюл. норматив. актов федер. органов исполнит. власти. — 2014. — № 4.
7. Технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления (с изм. от 23 июня 2011 г.): утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 29 окт. 2010 № 870 // Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2010. — № 45. — Ст. 5853.
8. О техническом регулировании: федер. закон от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ (с изм. от 13 июля 2015 г.): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 дек. 2002 г.: одоб. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 дек. 2002 г. // Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2002. — № 52. — Ст. 5140.
9. Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010 г. № 870: утв. приказом Росстандарта от 03 нояб. 2011 г. № 5214 (с изм. от 22 авг. 2013 г.) // Вестник Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. — 2011. — № 10.

Оптимизация схем газораспределительных систем

Солодков Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;

Корнев Сергей Александрович, магистрант

Тульский государственный университет

Стоимость строительства газораспределительных сетей зависит от множества таких параметров, как: стоимость трубопровода, тип разрабатываемого грунта, ширина и глубина траншеи, материал трубопроводов и т.д. Наиболее ярко зависимость капитальных затрат на строительство сети прослеживается от ее диаметра. Для городских газопроводов толщина стенки трубы всегда бывает больше величины, необходимой по условию прочности, поэтому стоимость городских газопроводов практически не зависит от давления газа. Стоимость земляных работ в меньшей степени зависит от диаметра труб, чем стоимость газопровода, а глубина его укладки вообще очень слабо зависит от диаметра.

Для определения зависимости стоимости газопровода от диаметра труб составляют сметы на строительство газопроводов разных диаметров при различных условиях прокладки. Эксплуатационные издержки для городских систем газоснабжения складываются из следующих основных частей: 1) амортизационных отчислений, включая расходы на капитальный ремонт; 2) расходов на текущий ремонт и обслуживание. Амортизационные отчисления, расходы на текущий ремонт и обслуживание определяют как долю от капиталовложений. Расходы по текущему ремонту и обслуживанию городских газовых сетей в основном зависят от протяженности газопроводов и в незначительной степени от их диаметра.

ГРП (газорегуляторный пункт) - комплекс технологического оборудования и устройств, предназначенный для понижения входного давления газа до заданного уровня и поддержания его на выходе постоянным независимо от расхода газа.

Число ГРП для питания газом сетей низкого давления значительно влияет на размер капиталовложений на газификацию города. При увеличении числа ГРП уменьшаются расчетные диаметры газопроводов низкого давления и в связи с этим уменьшаются металлоложения и стоимость сетей низкого давления. Одновременно с ростом числа ГРП повышается стоимость самих ГРП, а также сети среднего или высокого давления, которая питает эти пункты, так как увеличивается ее протяженность. Оптимальное число ГРП соответствует минимуму суммарных капиталовложений и эксплуатационных расходов в систему газоснабжения, т.е. минимуму приведенных затрат.

1. В работах П. М. Гофмана-Захарова [5], С. А. Маркова [4], А. А. Ионина [6] для выбора оптимального числа ГРП предлагается расчетно-аналитический метод. В основу этого метода заложена теоретическая модель газовой сети с правильными квадратными кварталами одинакового размера, с равномерной плотностью газопотребления на всех участках газопроводов. П. М. Гофман-Захаров рекомендует определять оптимальное число ГРП по радиусу их действия в зависимости от удельной нагрузки в сетях низкого давления. Для схематической симметричной газовой сети можно допустить с некоторой погрешностью, что между средним расходом газа и диаметром сети низкого давления существует следующая связь:

$$d_{cp} = \left(\frac{2,32 Q_{cp}^{1,75} R}{\Delta p_{доп}} \right)^{1/4,75}$$

В дальнейшем расчет ведется по минимуму суммарной стоимости строительства ГРП и газопроводов:

$$K_{\Sigma} = \frac{K_{ГРП} e}{R_2} + (c + b d_{cp}) L = \min,$$

где $K_{ГРП}$ — стоимость строительства, тыс. руб., всех ГРП, газопроводов низкого давления и одного ГРП; $(c + b d_{cp})$ — стоимость сооружения, тыс. руб., 1 м газопровода вместе с укладкой.

Недостатком данного метода оптимального числа ГРП на газовых сетях низкого давления, является то, что не учитываются изменения средней длины участка сети низкого давления, которая практически изменяется в немалом диапазоне (приблизительно от 50 до 150–300 м), а также средней стоимости участков газопроводов среднего или высокого давления, подводящих газ к ГРП.

В 1957 г. В. М. Калиной [4] был предложен способ расчета оптимального числа ГРП по оптимальной нагрузке на один ГРП, позволяющий определить также конструкцию ГРП и стоимость строительства:

$$R_{опт} = 49,2 \sqrt{K_{ГРП} \Delta p^{0,21} l_{cp}^{0,82} / (Bq^{0,37})},$$

где $R_{опт}$ — искомый экономический радиус охвата (действия) ГРП, м;

$K_{ГРП}$ — стоимость строительства ГРП с учетом подводящего газопровода, тыс. руб.;

B — разница стоимости сооружения газопроводов диаметром 200 и 100 мм на 1 км, тыс.руб.; Δp — принятый расчетный перепад давления, мм . вод. ст.; q — удельный расход газа на 1 м газопровода низкого давления, м³/ч; l_{cp} — средняя длина участка сети, м, определяемая путем деления общей длины газопроводов на число участков.

Для определения оптимальной нагрузки $Q_{опт}$ на один ГРП формула имеет вид:

$$Q_{опт} = 4R_{опт}^2 / l_{cp}.$$

Данный способ приемлем для идеализированной схемы, где ГРП размещают в шахматном порядке, а ответвления от ГРП-правильными рядами.

Вывод: из изложенного видно, что расчетно-аналитический метод позволяет выбрать оптимальное число ГРП без вариантов гидравлических расчетов сетей. Трудоемкость расчета при этом минимальная. Но, с другой стороны, расчетно-аналитический метод в силу целого ряда положенных в его основу допущений и упрощений может давать значительные погрешности. Во всяком случае этот метод совершенно не учитывает ни местных особенностей каждого города (его планировки), ни особенностей распределения нагрузок газопотребления в каждом конкретном случае, не говоря уже о существующей погрешности исходной информации в стадии проектного решения.

А. М. Левин [3] и В. А. Смирнов [1] для определения оптимального числа ГРП на газовых сетях низкого давления применяют метод предварительного расчета одного варианта газопровода. В отличие от ранее описанных способов, при использовании метода предварительного расчета, во-первых, средний расход газа при любом радиусе действия определяется через заранее подсчитанный средний расход Q_0 при произвольно выбранном радиусе действия R_0 и, во-вторых, металлоложения в газопроводы также рассчитываются через известное N_0 для радиуса действия ГРП R .

В работе А. М. Левина оптимальное число ГРП определяется по минимуму суммарных капиталовложений в газопроводы и ГРП:

$$n_{опт} = 0,37 \left(\frac{N_0 r}{K_{ГРП}} \right)^{0,78},$$

где $N_0 = N_1 n_1^{0,28}$ (здесь N_1 — металлоложения в газопроводы низкого давления, рассчитанное для некоторого числа ГРП n_1 ; r — условная стоимость единицы массы металла.)

Разработанный А. М. Левиным метод определения оптимального числа ГРП с предварительным расчетом одного варианта газовой сети позволяет в какой-то мере учесть местные особенности схемы газоснабжения города (так как требует предварительного просчета газовой сети при некотором числе ГРП, равном n_1), конфигурацию и планировку жилых кварталов, характер распределения нагрузок и т.п. Однако, в данном способе не учитываются годовые эксплуатационные расходы на обслуживание ГРП и сети, а также стоимость строительства газопроводов среднего или высокого давления, подводящего газ к ГРП.

Все описанные методы определения оптимального числа ГРП на газовых сетях низкого давления игнорируют фактически существующую погрешность исходной информации, которая вносит существенные поправки в принимаемые решения. Вследствие этого приведенные детерминированные расчеты являются мнимо точными.

Таким образом, задача оптимизации газовых сетей сводится к оптимальной трассировке газопроводов и выбору оптимального положения и количества ГРП. Необходимо разработать инженерную методику выбора количества и расположения сетевых ГРП, лишенную выше перечисленных недостатков.

Литература:

1. Смирнов, В. А. Техничко-экономическое обоснование схем газоснабжения, М., Стройиздат, 1964, 187 с.
2. Ляуконис, А. Ю. Оптимизация городского газоснабжения. — Л.: Недра, 1989, 302 с.
3. Левин, А. М. Определение оптимального количества газорегуляторных пунктов на газовых сетях низкого давления, сб. «Новое в эксплуатации и проектировании газового хозяйства городов», Гостех-издат, УССР, 1956, с.99–109.
4. Гофман-Захаров, П. М. О технико-экономических предпосылках построения городских газоразводящих систем низкого давления. «Газовая промышленность», 1956, № II, с22–24.
5. Ионин, А. А. Газоснабжение. М., Стройиздат, 1981, 414 с.

Solutions of problems by large-scale use of renewable energy sources in Uzbekistan and the difficulties of their practical application

Суллийев Музаффар Аскарлович, магистр;
 Каршиева Нилюфар Хайитовна, бакалавр;
 Ташматов Хайит Каршиевич, кандидат технических наук, доцент;
 Маматкулов Дилмурод Абдуганиевич, старший преподаватель;
 Мукольянц Арсен Артёмович, доцент
 Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

Sulliyev M. A., Karshiyeva N. X., Tashmatov X. K., Mamatkulov D. A., Mukolyants A. A.
 Tashkent State Technical University (Uzbekistan)

Despite the benefits of using renewable energy sources (RES) large-scale development of renewable energy in Uzbekistan has not been reached. In this article reasons of slow development of RES in Uzbekistan are investigated and also solutions of these reasons are presented.

Keywords: *Renewable energy, Uzbekistan, solar radiation, solar power resources, wind power resources, solar plant, hydro power resources, new projects, shortcomings.*

The world's progress in the field of technology to transform and application of various types of renewable energy sources (RES) and assess of the technical feasibility based on these sources electrical and thermal energy demonstrate possibility of satisfying current and future needs of Uzbekistan in power for the long term. This can be done through a phased use of renewable energy and the creation of environmentally safe sources of electricity and thermal energy for different purposes and different power levels for use in the electric power system of the country, in district heating sys-

tems, as well as decentralized sources in energy supply to various customers in various sectors of the economy of different regions of the country.

Uzbekistan is rich in hydrocarbon resources, and is now almost completely energy provided from its own resources, but the country's economy is highly dependent on the use of non-renewable hydrocarbon resources in the first place — natural gas, whose share in the total energy exceeds 90% [1].

However, after 2020 the deficit of liquid hydrocarbons as a result of the exhaustion of own resources will grow again

after 2030 become a threat to the energy and overall economic security. The total resources of liquid hydrocarbons, which need to be replaced in 2030 with alternative energy sources, with full exhaustion of own resources may be more than 4.5 mln. toe. with an annual increase on growth within the economy. This suggests that even now it is necessary to create a base for the replacement of liquid hydrocarbons with alternative energy sources.

Using of renewable energy in Uzbekistan in the industrialized significant scale will allow a significant reduction in natural gas consumption in the country for the production of electricity and heat and thus will significantly reduce emissions of harmful substances into the environment from stationary sources of pollution in the whole country, and in particular on areas with unsatisfactory environmental situation.

Large-scale use of different types of renewable energy by switching to a decentralized energy supply in reasonable technical and economic limits will solve following problems of Uzbekistan:

- Improving energy supply facilities in rural areas and in particular in remote inaccessible areas, where at present there is no electricity, heating or shortage of power supply;
- Creation of conditions for reliable and sustainable energy, water supply for the development of various industries on this basis;
- The creation of new high voltage industries and new vacancies in the industry for the production and use of energy equipment and systems based on renewable energy.

At the same time differentiation of the distribution by region of various types of renewable energy sources and their resource potential along with the regime characteristics of renewable energy makes it necessary to take account of these factors with the technical and economic calculations and rationale use in electricity, heating different objects and capacity of various sources renewable energy, including through the combined use, allowing to increase the energy efficiency of their application.

Energy resources of solar radiation

Territory of the Republic of Uzbekistan belongs to the category of countries with high solar radiation intensity. Gross potential of solar radiation in the Republic of Uzbekistan is estimated from 525 bln. KWh to 760 bln. KWh. Average sunshine duration southern part of country is 3050 hours / year [2]. Studies show yearly average and monthly average data can be a base for preliminary calculation of peak capacity of PV-arrays in different geographic zones, territories of their installation. Considering data on winter and summer seasons we can conclude that in conditions of Uzbekistan solar power engineering with correct projecting can cover load demand up to 1/3 of summer and up to 1/6 in winter. Therefore, utilization of solar energy only is effective for energy supply to small settlements of sheep men on desert territories and distant-pasture cattle tending in mountains.

Shortly about wind power engineering resources

Average yearly wind speed on the whole territory of Uzbekistan is 2–2,5 m/sec. This circumstance caused the opinion on non-prospectiveness of wind power engineering in the country, especially for wind turbines of middle and high power. Some regions Aral Sea basin, Kyzylkum desert territory and foothill zones of Tashkent region (Charvaqand, Bekabad) yearly average wind speed is 4–5 m/sec and more. Taking into account that these territories are remote to considerable distance from grid and on hard-to-reach desert, mountain and foothill regions, utilization of wind energy in such regions looks economically expedient.

Constructed an experimental wind power plant with capacity of 750 kW in order to assess the possibility of using wind energy surface layers of the atmosphere (up to 100–150 m).

Shortly about hydro power engineering resources

The total technical hydropower potential of the country, identified above design studies amounted to 21.09 billion. KWh, including 6.85 at existing hydropower plants: 3.06 — potential for differential channels; 1.36 — When the irrigation reservoirs; 9.82 — rivers, including technical hydropower potential of small hydropower republic was 10.4 bln. KWh, ie half of the total, including 2.0 billion. KWh in existing small hydropower; 3.06 — potential for differential channels; 1.36 — When the irrigation reservoirs; 4.0 — on small rivers.

Constraints on the use of renewable energy sources in Uzbekistan

This situation seems that this is due to the following reasons.

– The absence of the State target program for the development of complex intersectoral use of renewable energy in Uzbekistan on medium and long-term periods (2020 ÷ 2030), envisages the following [3].

- Development of integrated studies of the energy potential of natural and artificial watercourses, solar radiation, wind currents at the surface and the surface layers of the atmosphere, the Earth's interior heat, biomass, taking into account the characteristics of their regimes, the prospects for the use of electric and thermal energy for industrial significant volumes based on specialized modern methods of instrumental and computational — theoretical study; estimation of their technical energy potential, production of state accounting RES with the establishment of stages using different types of renewable energy.

- Conduct research, performance development — design work on the development of technologies and equipment that provides the conversion of various types of renewable energy in electricity and heat in a commercially viable quantities.

- Are experienced and skilled — industrial power plants based on renewable energy; their complex tests; including the field in various regions of the country other than natural — climatic conditions.
 - Mastering innovative technologies and tools developed in industrialized countries to ensure the production of electricity and heat from renewable energy sources in industrially relevant quantities for use in centralized systems of heat; cold supply and electricity system of the country, in energy supply as a major energy-intensive facilities, as well as a large number of small energy-intensive facilities.
 - Setting for serial or limited production of a wide range of power equipment working on different types of renewable energy sources;
 - Perform complex design and survey work on the construction, commissioning and operation of power plants, systems, plant-based renewable power levels and destination.
 - The lack of state orders for the production, supply, commissioning of power plants, systems, stations and systems based on renewable energy facilities for the public sector, as a priority on the most important objects.
 - Lack of regional, branch, object development programs for the use of RES electricity, heating up to 2020 ÷ 2030 y.
 - The lack of a package of laws providing for the development of renewable energy use on objects of different forms of ownership (public, joint, private, individual) relevant standards and regulations in the field of renewable energy.
 - The lack of specific notified body responsible for the development and implementation of state programs for the development of renewable energy use.
 - The lack of specialized funding sources of comprehensive measures and work to develop the use of renewable energy sources in commercially viable quantities.
 - The lack of modern energy test equipment and power from renewable energy sources taking into account the natural — climatic conditions of the country, characterized by the presence of regions with sharply — potential and dry tropical climate and a specialized manufacturer-independent Center for testing and evaluation of reliability indices.
 - The lack of targeted research to identify the possibility of producing energy from renewable energy sources equipment machine-building enterprises of the Republic.
 - The possibility of producing high power wind electric aircraft manufacturing enterprises.
 - The possibility of manufacturing medium and high potential of solar power plants in the enterprises of the Republic, who had experience and technological installations in the production of glass.
 - The lack of training in the field of renewable energy and advanced training.
 - Lack of scientific — technical information in the required quantities of the achievements and shortcomings on perspective technologies and energy equipment on the basis of different types of renewable energy available in the achieve significant progress in the use of renewable energy sources (Germany, Denmark, Spain, Italy, China and others).
- Currently, the country conducted a number of organizational and technical and scientific work to eliminate these shortcomings:
- NGO «Physics-Sun» and the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan developed the «Road Map for the development of solar energy in Uzbekistan».
 - Created by the International Institute for Solar Energy (ISEI) in March 2013. Purpose of creation ISEI is the early development of solar technologies in Uzbekistan and their introduction into the national economy.
 - Open in technical universities specializing in renewable energy sources.
 - Constructed a test solar photovoltaic power plant 130 kW in Namangan region. During the construction of the station used a variety of photovoltaic cells, equipment, performance of which will be tested in natural conditions of Uzbekistan.
 - Organization of joint production of solar panels in the Navoi region. This will provide a great opportunity for the development of solar technologies in the country.
 - Preparing a project of the State Standard of the Republic of Uzbekistan «solar photovoltaic stations» with five departments in Uzbekistan.
 - It is planned to construct photovoltaic solar plant with a capacity of 100 MW by 2016 in the Samarkand region.
 - Oil company «Lukoil» plans to build photovoltaic solar plant with a capacity of 2 MW for fields in the Bukhara region.
 - Works 6 automatic weather stations in different areas to determine the important data such as meteorological data, solar radiation, rainfall, etc.

Conclusions

The use of renewable energy in Uzbekistan in particular photovoltaic solar panels is considered prospectively.

Measures that the Republic accepts have a positive impact on the use of RES in different scales. In close future in Uzbekistan a big leap in the use of renewable energy will be observed.

References:

1. G. K. Saidova, T. P. Salihov, X. Kabulova, A. Elisov. Alternative resource of energy: Potential use in Uzbekistan. Center for Economic Research. 2011.
2. D. A. Abdullaev, R. I. Isaev. Resources of solar radiation and wind energies in Uzbekistan and system of their combined utilization, ISESCO Science and Technology Vision — Volume 1 (May 2005) pp. 76–82.

3. NGO «Physics-Sun», Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. presentation of the «Road Map for the development of solar energy in Uzbekistan» Round table workshop Tashkent, November 11. 2014.

Многоуровневый подход к тестированию мобильных приложений

Султанова Бахит Каиркеновна, кандидат педагогических наук, доцент;

Кабылова Дина Абдуллаевна, магистрант

Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

Ключевые слова: тестирование, мобильное приложение, автоматизация тестирования.

В настоящее время мобильные технологии широко распространены в повседневной жизни. Практически у каждого человека на земле есть мобильный телефон. Мобильные устройства становятся сложнее и сложнее. Появились такие устройства, как смартфоны, коммуникаторы, планшетные компьютеры и другие. Эти устройства по характеристикам не уступают вчерашним настольным компьютерам, они представляют собой достаточно сложные программно-аппаратные комплексы, управляемые операционными системами. До появления смартфонов телефон представлял собой простую систему, со встроенным программным обеспечением. Тестирование подобного программного обеспечения проводилось ручным способом. Дальнейшее ускоренное развитие мобильных технологий приводит к разрыву между сложностью применяемой методологии тестирования ПО для мобильных устройств и сложностью тестируемого ПО. На текущий момент, нельзя обойтись простым ручным тестированием по написанным тестовым сценариям. Требуется применение комплексного подхода, с использованием специальных средств автоматизации тестирования [1].

Мобильные приложения — это зачастую узконаправленные программные системы с большим количеством взаимодействий между фронтендом, логикой и облачным бекендом. Таким образом, ваш код может безупречно работать на устройстве, но его работа будет подорвана ошибками, которые поступают из облака. Или проблема может быть в логике приложения — сторонних библиотеках, SDK, или сервисах. Так что иногда, если что-то не работает, найти ошибку легко, но чаще всего у вас даже идеи нет, в чем проблема [2].

Под тестированием мобильных приложений понимаются тестовые мероприятия, проводимые по отношению к приложениям с использованием проработанных тестовых методов и инструментов, гарантирующих соответствие заявленным функциям, поведению, производительности, качеству обслуживания и характерным особенностям: мобильности, удобству использования, интероперабельности, связности, безопасности и конфиденциальности [3].

Тестирование мобильных приложений отличается от тестирования обычного ПО наличием ряда уни-

кальных требований. Прежде всего, мобильные приложения должны правильно выполняться в любое время и в любом месте. У приложений, специально предназначенных для мобильных устройств, тестовая среда представляет собой базовую мобильную платформу или операционную систему. Для эффективной автоматизации процесса тестирования тестовые среды должны поддерживать совместимость и обеспечивать возможность выполнения на множестве различных платформ. Для мобильных веб-приложений базовой тестовой средой является веб-браузер [1].

Можно выделить четыре популярных подхода к тестированию мобильных приложений, которые основаны на использовании базовой клиент-серверной инфраструктуры:

– *Тестирование на основе эмуляции.* Этот способ тестирования предусматривает использование эмулятора мобильного устройства, имитирующего его поведение в виртуальной машине. Довольно часто такие эмуляторы бывают включены в состав комплекта инструментов для разработчика, прилагаемого к мобильной платформе (например, в состав SDK Android). Цена такого решения относительно невелика, потому что в этом случае нет необходимости в создании тестовой лаборатории, покупке или аренде физических устройств. Однако эмуляцию можно использовать только для оценки функциональности системы в весьма ограниченном контексте. Такой подход недорог, но у него есть ряд существенных недостатков. Например, проверить обработку всех жестов в полном объеме довольно затруднительно, потому что большинство эмуляторов поддерживают лишь ограниченный набор жестов и лишь специфичные для конкретного устройства функции. Другой недостаток связан с ограниченными масштабами тестирования QoS.

Для того чтобы преодолеть эти недостатки, необходим тестовый имитатор, моделирующий обработку различных мобильных операций (в том числе разнообразные жесты) и поддерживающий более одного мобильного клиента. Но даже и в этом случае проверить специфичные для конкретных устройств функции мобильных сервисов довольно затруднительно. Кроме того,

невозможно протестировать работу на множестве различных устройств и браузеров, потому что эмуляторы обычно создаются на базе конкретного устройства или платформы.

— *Тестирование на базе устройств.* Для такого тестирования требуется создание тестовой лаборатории и покупка реальных мобильных устройств, поэтому и стоит оно гораздо дороже эмулирующего подхода. Но зато в этом случае можно проверить функции и поведение конкретных устройств, а также параметры QoS. Кроме того, можно оценить возможности базовых мобильных сетей, выбирая и настраивая их конфигурацию в тестовой среде. Одна из главных проблем такого подхода заключается в том, что мобильные устройства и платформы меняются очень быстро. Трудности обусловлены также ограниченными возможностями проверки QoS, поскольку для нее требуется много мобильных устройств.

— *Тестирование в облаке.* При таком подходе обычно используется облако, поддерживаемое поставщиками инструментов тестирования — например, такими как NTT Data. Основная идея подхода этой компании к облачному тестированию на базе устройств заключается в том, чтобы построить облако из мобильных устройств, которое поддерживало бы сервисы тестирования на крупномасштабной основе. В этом случае значительный рост спроса на предоставление сервисов мобильного тестирования удовлетворяется за счет бизнес-модели, предусматривающей внесение оплаты по мере фактического потребления. Мобильные пользователи получают требуемую тестовую среду на условиях аренды. Этот подход отличается от других более высокой эффективностью при масштабном использовании приложений, а также при проведении разнообразных тестовых мероприятий на мобильных устройствах.

— *Тестирование с использованием краудсорсинга.* Краудсорсинговый подход предполагает привлечение фрилансеров, инженеров, работающих по контракту, или сообществ конечных пользователей наподобие uTest (www.utest.com), а также формирование краудсорсинговой тестовой инфраструктуры и установку сервера управления сервисами для поддержки неоднородных пользователей. Сегодня провайдеры сервисов по реализации такого подхода предлагают базовое управление тестами, сервис тестирования и выдачу отчетов об ошибках. Однако большинство тестовых мобильных операций управляются инструментами автоматизации мобильного тестирования с весьма ограниченными возможностями — тестировщики получают преимущества стихийного тестирования, не требующего проведения инвестиций в лабораторию и покупку или аренду устройств, но возникает риск низкого качества тестирования и неопределенности сроков его проведения [3].

Тестирование мобильных приложений — дело не лёгкое. Всякий раз, когда я разговариваю с разработчиком, всегда оказывается, что тестирование — это од-

новременно волнующий и мучительный этап разработки. Волнующий потому, что продукт наконец-то близок к долгожданному состоянию полной готовности. Чтобы провести тестирование правильно, необходим многоуровневый подход, который требует временных затрат, ресурсов и терпения. Есть несколько способов тестирования приложений, но не каждый из них подходит любому разработчику.

Есть множество способов автоматизировать тестирование. Тестирование вручную, пожалуй, самое эффективное, хотя и требует наибольших усилий. Запустите код на устройстве и работайте с приложением как реальный пользователь. Когда что-то пойдет неправильно, пишете лог и на его основе откапываете ошибку в коде.

«Есть ручное тестирование мобильных приложений. И несмотря на то, что это самый неэффективный и дорогостоящий способ, мы по-прежнему считаем, что в хорошо сбалансированной стратегии для него есть место. Потому мы пока не нашли способ, который может автоматизировать оценку юзабилити и привлекательности для мобильного приложения для конечного пользователя. Это те вещи, которые в конечном итоге должен оценивать реальный человек,» — говорит Ли Уильямсон, ведущий программист IBM и член СТО Team.

В идеале тестирование вручную является одним из завершающих этапов жизненного цикла разработки приложения. Все сделано и почти готово к поступлению в продажу. Этот этап может быть менее болезненным, если, например, воспользоваться услугами стартапов, таких как Crashlytics (Бостон) — они предоставят вам SDK, который с точностью до строчки в коде определит, почему приложение падает, и предоставит данные о его состоянии на момент сбоя.

Действительно ли облако мешает работе вашей системы? Как только разработчики переходят на облака в качестве бекенда, появляется новый уровень, требующий проверки. По мнению сотрудников IBM, такая проверка — их сильная сторона в области тестирования. Они могут изолировать или симулировать уровень логики и облачный бекенд, чтобы ещё до фактической интеграции между устройствами, серверами и облаком дать разработчикам представление о том, как будет работать приложение. Это осуществляется при помощи Green Hat — тестовой платформы IBM для различных облачных сервисов. Мобильные облачные сервисы, работающие по схеме бекенд-как-сервис, например Kinvey, дают разработчикам экземпляр структуры своего облака (которое работает через Rackspace, Azure или Amazon). Он позволяет конкретному компьютеру выполнять функции мобильного устройства.

«Это позволяет компании использовать непрерывную интеграцию при разработке мобильных приложений, которая постоянно отслеживает изменения кода, запуская таким образом автоматическую сборку бинарных файлов для приложений для различных мобильных устройств. Также это позволяет переносить обновленную версию

приложения на реальные мобильные устройства и запускать код на устройствах с симулированными сервисами и облачным бекендом, потому что на мобильном устройстве он всегда будет реагировать так же,» — прокомментировал Уильямсон.

Недавно один разработчик жаловался мне на тестирование приложений, и его сетования заключались вот в чем: «Есть слишком много мобильных устройств, на которых установлено многочисленных версий операционных систем, установленных на различных смартфонах от различных производителей. Протестировать всё это просто невозможно». Это была суть его жалоб. А ведь он прав. Чтобы протестировать работу приложений на различных устройствах, разработчик может приобрести все эти смартфоны и планшеты, связать с сервером и зависать над спецификацией каждого устройства. Это непрактично, трудоемко и дорого. Есть несколько сторонних сервисов, которые могут предоставить разработчикам «облако устройств» для тестирования приложений одновременно на многих устройствах [2].

Несмотря на рост актуальности тестирования мобильных приложений, в этой области по-прежнему остается много вопросов, трудностей и неудовлетворенных потребностей. Согласно исследованию Juniper Research, рынок мобильных облачных приложений в период с 2009 по 2014 год вырос на 88%, что привело к дальнейшему увеличению спроса на решения, предназначенные для автоматизации тестирования мобильных программ. Облачное тестирование является эффективным и перспективным способом удовлетворения растущих потребностей в тестировании мобильных приложений. Сегодня мы видим здесь две основные тенденции: совместное использование различными провайдерами облаков мобильных устройств для задач тестирования и развитие краудсорсинговых сервисов тестирования, ориентированных на оценку удобства применения и интернационализации. Эта область в дальнейшем будет расширяться, и, возможно, облака предложат какие-то дополнительные пути удовлетворения растущих потребностей в качественных инструментах тестирования мобильных программ [3].

Литература:

1. Султанова, Б. К., Кабылова Д. А. Тестирование мобильных приложений: Тезис / Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства — основа реализации Плана нации», Караганда, КарГТУ 2015.
2. Dan Rowinski. Squashing Bugs: The Many Layered Approach to Mobile App Testing. URL: <http://readwrite.com/2012/03/28/squashing-bugs-the-many-layered>
3. Jerry Gao, Xiaoying Bai, Wei-Tek Tsai, Tadahiyo Uehara, Mobile Application Testing: A Tutorial. IEEE Computer, February 2014, IEEE Computer Society.

Оценка технологий возведения арматурных каркасов высотных монолитных конструкций

Толеугали Нуркен Дауренович, магистрант
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Представленные результаты исследований возможных соединений арматурных каркасов, отличающиеся от существующих аналогов более надежным и быстрым способом соединения, обеспечивающим необходимую прочность конструкции. Взамен энерго- и материалоемких сварных и нахлесточных соединений арматурных каркасов, доказана необходимость внедрения новых арматурных связей.

Ключевые слова: арматура, бетон, монолитная конструкция, механический метод.

Evaluation of construction technologies of tall reinforcement cages of monolithic structures

Toleugali Nurken Daurenovich, undergraduate
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University

The article presents the results of investigations of possible connections of reinforcement cages. Distinctions from existing analogues are reliability and faster way of connection. They provide necessary structural strength. Introduction

of new the reinforcing ties was proved better than energy and material-welded and overlap joints reinforcement cage that were used before.

Keywords: *fittings, concrete, monolithic construction, mechanical method.*

Актуальность и цель работы. Одним из перспективных направлений научных изысканий в области монолитных конструкций является разработка и усовершенствование способов возведения арматурных каркасов и усовершенствование их механических соединений арматуры. Работа бетона в различных погодных условиях и взаимодействия его с арматурными конструкциями играет важную роль в долговечности и износостойкости зданий. [1,2,3,4,5].

Целью научного исследования является выбор наиболее рациональных, экономически целесообразных и долговечных технологий возведения арматурных каркасов монолитных сооружений.

Монолитные конструкции высотных сооружений являются сложными системами, состоящими из определенного количества элементов, которые работают в условиях постоянно нагруженных и деформируемых состояний. Характер рабочего состояния того или иного элемента конструкций оценивается рядом постоянных факторов внутренних и внешних воздействий. К таким факторам относятся прочностные характеристики и качество строительных изделий, постоянные и временные нагрузки, воздействующие на элементы конструкций, неблагоприятные факторы окружающей среды. Также, в процессе производства конструктивных элементов, их транспортировки и установки, возможны отклонения параметров конструктивных элементов от расчетных значений нагрузок. [6,7,8,9,10].

Контроль качества состояния возводимых монолитных конструкций выполняется теми же методами, которые используются при их изготовлении. Однако часто возникают ситуации, когда для эксплуатируемых объектов необходимо изучение реальных условий работы при воздействии внешних факторов. К таким ситуациям можно отнести, например, случаи необходимости оценки работоспособности конструктивной системы с учетом отклонения ее параметров от расчетных значений [11,12,13,14,15,16].

Высокий объем монолитного строительства в России диктует необходимость перехода на более быстрые и надежные технологии возведения зданий и сооружений. Основой таких технологий является грамотно продуманный и конструктивно обоснованный арматурный каркас здания. Расчетные конструктивные нагрузки на сжатие, изгиб и растяжение диктуют необходимость учета надежности арматурных соединений таких конструкций. При высотном монолитном строительстве возникает проблема соединения арматурных стержней, так как максимальная длина универсальных элементов арматуры не превышает 11,7 метров [1,16,17,18,19,20,21] и ограничивается условиями транспортировки.

В России, как правило, применяют соединения внахлест и сварные соединения арматурных стержней. От применения сварных соединений в современных проектах конструктора отказываются, так как повышенные затраты по электроэнергии и привлечение высококвалифицированных сварщиков не оправдывают экономические затраты. Это еще связано и с более строгим контролем качества работ при высокой трудоемкости сварных соединений и большом количестве стыкуемых элементов арматуры.

Кроме того, в результате высокотемпературного воздействия при сварке термически и термомеханически упрочненных сталей, происходит потеря эффектов упрочнения в зоне влияния сварки. В итоге, свойства исходного металла в зоне термического влияния сварки резко различаются. Разупрочнение арматурной стали может быть связано не только с разупрочнением околошовной зоны [2] сварных соединений в результате интенсивного нагрева, но и с недостаточной прочностью зоны сплавления основного металла с наплавленным. Механические свойства арматуры в зоне термического влияния, а также ее протяженность зависят от вида и режима сварки [10], параметров сварного соединения и химического состава стали.

Наиболее простым способом соединения арматурных стержней в монолитных конструкциях являются соединения внахлест, без сварки. Усилия в таких соединениях передаются с одного стыкуемого арматурного стержня на другой за счет сил обвязочных элементов [7] и сцепления с окружающим бетоном. Такой вид соединения также имеет ряд недостатков: перерасход арматуры за счет впуска стержней и необходимость устройства дополнительной поперечной арматуры в зоне соединения. Также, затруднение бетонных работ в многоармированных [8,9] элементах конструкций, поэтому в ряде случаев все это приводит к необходимости укрупнения деталей и элементов поперечного сечения конструкции. Поэтому, возникает необходимость поиска новых способов и технологий соединения арматурных стержней монолитных конструкций, основываясь на западный опыт строительства.

Альтернативным способом, исключая все вышеперечисленные недостатки, является соединение арматурных стержней с помощью механических соединений [10]. Повышенная надежность соединений и минимальный расход элементов особенно важно в высотном монолитном строительстве. Таким образом, для стыковки арматуры диаметром 25–40 мм рациональней всего применять механические соединения [20,21], т.е. сжатые стыки, основываясь на многолетний западный опыт.

Из всех механических соединений, наибольшее применение в России нашли только опрессованные стыки и соединения арматуры винтового периодического профиля при помощи муфт.

Опрессованные соединения разделяются по классам соединяемых стержней проката: А500С и А400 со значениями гарантируемого предела текучести соответственно 500 и 400 Н/мм². Соединение описывается в ТУ 4842–003–75604862–2012. [7] Опрессовка выполняется гидравлическими мобильными установками ПП-А80 (для арматуры 18–36 мм) и ПП-А100 (для арматуры 36–40 мм). [16]

Наибольшей прочности и деформативности стыковых соединений арматуры можно достичь с помощью новой конструкции муфтового стыкового механического соединения (Рис. 1). От известных прототипов такая конструкция отличается простотой устройства и минимальными затратами по изготовлению. Выбор связующего материала в составе стыка в виде полимерной компо-

зиции на основе эпоксидной смолы обусловлен возможностью получения высокопрочного быстротвердеющего в течение суток материала. Длина соединения в данном исходном сочетании принята равной 300 мм на основании результатов испытаний при растяжении образцов соединений с разной длиной муфты. При длине трубы — муфты 10А25 [14] испытания показали стабильные значения разрыва по среднему сечению соединения при усилиях, соответствующих временному сопротивлению стали трубы.

Количество муфтовых соединений арматурных стержней в одном сечении железобетонной конструкции не ограничивается при условии, если не ухудшаются условия укладки и уплотнения бетонной смеси и выполняются требования норм по величине защитного слоя бетона.

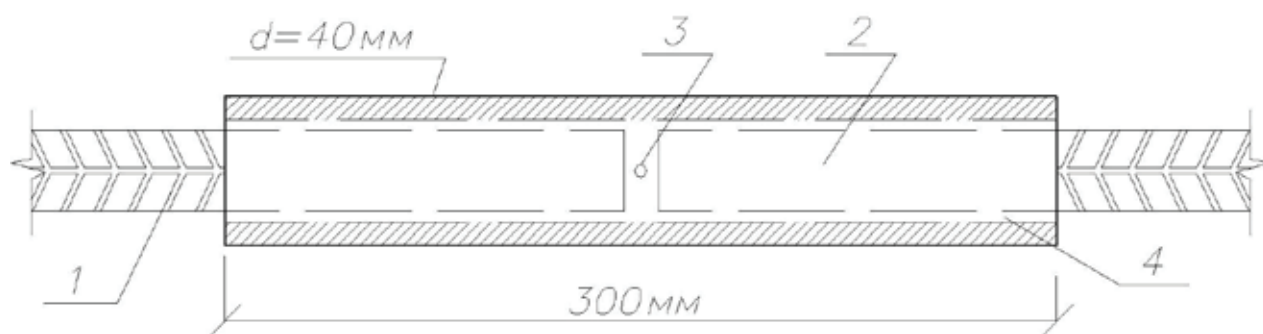


Рис. 1. Конструкция муфтового соединения стержневой арматуры: 1 — стыкуемые арматурные стержни А25 S500 ($A_s=4,9\text{см}^2$; $\sigma_{\text{max}} = 687\text{МПа}$; $\sigma_{02} = 551\text{МПа}$); 2 — муфта из трубы $d=38\text{мм}$ со стенкой толщиной 4 мм ($A=4,27\text{см}^2$; $\sigma_{\text{max}} = 504\text{МПа}$; $\sigma_{02} = 360\text{МПа}$) [13]; 3 — отверстие диаметром 4 мм; 4 — полимерная композиция: смола эпоксидная ЭД-20, отвердитель ПЭПА, наполнитель — песок кварцевый.

Следующим этапом исследования рассмотрим влияние стыкового соединения арматуры на прочность, жесткость и трещиностойкость арматурного каркаса, т.е. на работу железобетонной конструкции в разных стадиях напряженно-деформированного состояния. Планом эксперимента предусматривалось изготовление и испытание опытных образцов — балок (рис. 2) отличающихся расположением стыковых соединений — либо в сжатой, либо в растянутой зонах, или в обеих зонах поперечного сечения. В качестве контрольной серии, для сравнения, рассмотрены образцы — балки без стыковых соединений продольных стержней арматуры.

Для балок использован тяжелый бетон, заводского изготовления на гранитном щебне фракции 5–10 [10]. После набора прочности бетона в лабораторных условиях твердения в течение более 28 суток проведены испытания балок в кратковременном режиме нагружения двумя сосредоточенными силами, приложенными в третях пролета с помощью распределительной траверсы и гидравлического домкрата ДГ-50 в комплекте с ручной насосной станцией НСР-400 [10]. На этапах нагружения проводились измерения прогибов приборами 6ПАО, деформаций

механическими тензометрами на базе 300 мм с точностью 0,01 индикаторами ИЧ-10 и тензорезисторами типа ПКБ [8,9,10] приклеенными на поверхность бетона с базой измерения 50 мм и на поверхность арматуры с базой измерения 20 мм. Деформации бетона и арматуры, а также ширина раскрытия трещин отсчитывались микроскопом МПБ-2 измерялись в сечениях зоны чистого изгиба.

Разрушение всех балок происходило в результате достижения предела текучести стали арматуры и растянутой зоны. В связи с тем, что предел текучести стали и площадь поперечного сечения муфты меньше этих же показателей стали стыкуемых стержней, разрушающая нагрузка балок со стыковыми соединениями в растянутой зоне также меньше чем у балок контрольной серии. Балки со стыковыми соединениями в сжатой зоне показали прочность, равную прочности контрольных образцов, т.к. сопротивление сжатию образцов стыковых соединений и контрольных образцов арматурных стержней имели одинаковые значения.

Неравномерность распределения деформаций при сжатии по длине стыкового соединения и его податливость в виде перемещений стыкуемых стержней относи-

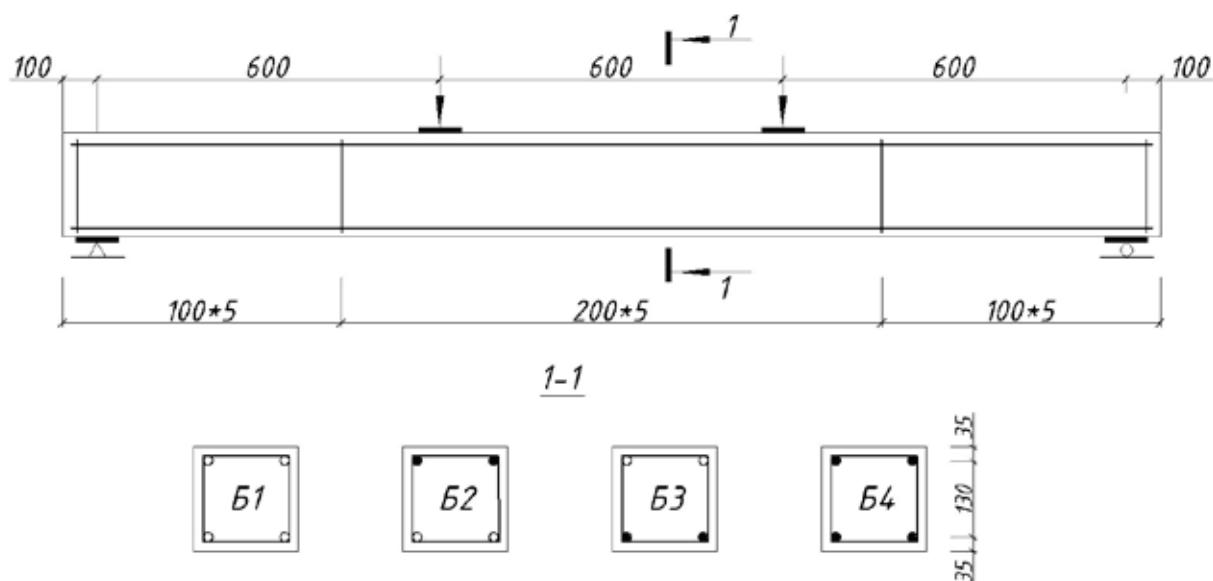


Рис. 2. Конструкция опытных образцов железобетонных балок со стыковыми соединениями продольных арматурных стержней

тельно муфты не привели к образованию дополнительных деформаций в бетоне сжатой зоны и не повлияли на прочность, сопротивление образованию и раскрытию трещин и жесткость балок. Особенности деформирования стыкового соединения при растяжении вызвали снижение показателей прочности, трещиностойкости и жесткости железобетонных балок.

Первые трещины в балках со стыками арматуры в растянутой зоне образовывались на более ранних уровнях нагружения по сравнению с контрольными балками. Расположение первых трещин совпадало с границами длины муфты в результате проявления деформаций сдвига стыкуемых стержней относительно муфты. Однако, развитие их ограничивалось шириной раскрытия до 0,1...0,15 мм [2], т.к. более интенсивно раскрывалась трещина по сечению, проходящему в середине стыка арматуры по муфте.

Контроль качества бетона следует осуществлять испытанием образцов, изготовленных на месте укладки бе-

тонного раствора. Образцы, хранящиеся на морозе, перед испытанием надлежит выдерживать около трех часов при температуре 15–20°C. [10,22,23]

Выводы

Проведена оценка способов возведения арматурных каркасов монолитных железобетонных конструкций.

Даны характеристики арматурных соединений стержней, выявлены недостатки и достоинства способов возведения арматурных каркасов. Установлен наиболее рациональный способ возведения железобетонных конструкций на основании западного опыта строительства.

Проведенная оценка исследования способов возведения арматурных каркасов монолитных железобетонных конструкций, позволяет рекомендовать наиболее экономически выгодные и конструктивно надежные методы строительства к практическому применению.

Литература:

1. Бедов, А. И., Сапрыкин В. Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых здания и сооружений. 1995 г.
2. ГОСТ Р 53778–2010 Правила обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений. М.: Стандартинформ, 2010.
3. Lazarev, Y., Research of processes of improving soil properties based on complex ash cement binder / Y. Lazarev, G. Sobko, M. Chakir // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 584–586. Pp. 1681–1686.
4. Lazarev, Y., Effectiveness of Soil Reinforcement Based on Complex Ash-Cement Bonder Applied Mechanics and Materials / Y. Lazarev, M. Chakir, E. Syhareva, Y. Ibraeva // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols. 725–726. Pp. 208–213.
5. Ватин, Н. И., Модификация литой бетонной смеси воздухововлекающей добавкой / Н. И. Ватин, Ю. Г. Барбанщиков, М. В. Комаринский, С. И. Смирнов // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 4. С. 3–10.
6. Лазарев, Ю. Г., Обоснование деформационных характеристик укрепленных материалов дорожной одежды на участках построечных дорог. / Ю. Г. Лазарев, П. А. Петухов, Е. Н. Зарецкая // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). с. 140–146.

7. Дьячков, В. В. Прочность и деформативность резьбовых механических соединений арматуры // Бетон и железобетон — 2006. — № 1 — С.11–14.
8. Матков, Н. Г. Стыки арматуры растянутых и сжатых железобетонных элементов без применения сварки и их расчет с использованием диаграмм деформирования // Бетон на рубеже третьего тысячелетия. — Москва, 2001. — С.955–963.
9. Матков, Н. Г. Несварные обжимные стыки в железобетонных конструкциях / Н. Г. Матков, Э. А. Балючик, В. Н. Губин, А. Е. Руденко, А. В. Улютинов // Бетон и железобетон. 2004. — № 4 — С.6–10.
10. Практическое пособие строительного эксперта. 4-е изд. допол. и перераб. М.: Спутник, 2008. — 838 с.
11. Лазарев, Ю. Г., Собко Г. И. Реконструкция автомобильных дорог: учебное пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2013. 93 с.
12. Мадатян, С. А. Сжатые железобетонные элементы с механическими соединениями рабочей арматуры / С. А. Мадатян, В. В. Дьячков // Бетон и железобетон — 2007. — № 4 — С.16–20.
13. Мадатян, С. А. Узел стыкового соединения стержней арматуры в сжатых железобетонных элементах / С. А. Мадатян, В. Я. Еремин, А. В. Еремин, С. Ф. Раянов, Н. В. Сарафанов, А. А. Буданов // Бетон и железобетон — 2008. — № 2 — С.2–5.
14. Свод правил по проектированию и строительству СП 52–101–2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. — М.: ФГУП ЦПП, 2004. — 53с.
15. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры. ГОСТ 14098–91 — Введ. 28.11.91. — Москва: Гос. комитет СССР по строительству и инвестициям, 1992. — 37с.
16. Устройство для соединения концов арматуры: пат. 2930 Респ. Беларусь, Е04С5/16/В. В. Чупров, Ю. В. Попков, В. И. Сидоренко; заявитель Полоц. гос. ун-т — № U20060002; заявл. 03.01.2006; опубл. 31.08.2006 // Афіцыйны бюл./Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. — 2006. — № 4 — С.173.
17. Устройство для соединения концов арматуры: пат. 3091 Респ. Беларусь, Е04С5/16/В. В. Чупров, Ю. В. Попков, В. И. Сидоренко; заявитель Полоц. гос. ун-т — № U20060201; заявл. 03.04.2006; опубл. 30.10.2006 // Афіцыйны бюл./Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. — 2006. — № 5 — С.162.
18. ACI 318. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. — Farmington Hills. American Concrete Institute. 1985. — 21p.
19. Mechanical Connections of Reinforcing Bars // ACJ Structural Journal, — 1991. — № 2, P.88.
20. MacGregor, J. G. Reinforced Concrete. Mechanics and Design 2nd/Ed/ Prentice-Hall, Englewood Clif., NJ. 1992 — P.450–451.
21. James, R., Cagley and Richard Apple. Comparing costs — butt splices versus lap splices // Concrete International. — July 1998. — P.55–56.
22. Петухов, П. А. Вопросы расчёта дорожных конструкций с бетонными фрагментированными несущими слоями по второму предельному состоянию / П. А. Петухов // Вестник гражданских инженеров. — 2013. — № 4 (39). — с. 59–66.
23. Ватин, Н. И., Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом/ Н. И. Ватин, М. О. Дудин, Ю. Г. Барабанщиков// Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2 (54). С. 33–96.

Нагрузочный режим ферромагнитно-тиристорного стабилизатора напряжения

Файзиев Махманазар Мансурович, кандидат технических наук;
 Мавлонов Бахром Бойполвонович, старший преподаватель;
 Норбоев Анвар Эшмуминович, соискатель, ассистент
 Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

В качестве исполнительных органов стабилизаторов $U_{нд}(B)$ переменного напряжения широко используется магнитные усилители.

Мы предлагаем простую схему стабилизатора напряжения на рис.1, силовая часть которого состоит из минимального количества вентильных элементов. Для управления тиристорами требуется импульсное устройство с развязанными цепями управления.

Цепь управления стабилизатора напряжения содержит соединенные первичные обмотки, подключенные к входу стабилизатора напряжения. Встречно соединенные вторичные обмотки ферромагнитных элементов последовательно замыкаются через конденсатор C и активное сопротивление R . Начало первой обмотки управления через диод

присоединен к электроду тиристора T_1 . Конец первой обмотки управления через резисторами подключен к катоду тиристора T_2 , а конец через диод соединен к электроду этого же тиристора.

Принцип работы стабилизатора напряжения заключается в следующем. В электроферромагнитном колебательном контуре на основной гармонике сдвига фаз между ферромагнитных элементов и входного напряжения изменяется обратно пропорционально [2]. При изменении питающего напряжения в сторону увеличения, угол сдвига фаз α увеличивается. Этот сигнал подается на управляющие электроды тиристоров T_1 и T_2 . При этом увеличивается угол открывания тиристоров и остается постоянным напряжение на нагрузке R_H . При изменении входного напряжения питания в сторону уменьшения наоборот — остается постоянным напряжение на нагрузка R_H .

В электроферромагнитном колебательном контуре при определенных соотношениях параметров и источника возбуждаются периодические колебания на основной частоте с явно выраженной падающей амплитудной характеристикой.

Для анализа установившегося режима цепи управления принимаем следующие допущения:

1. Потери в электроферромагнитном контуре учитываются постоянным активным сопротивлением R , включенным параллельно ёмкостью C ;
2. Активные сопротивления первичных обмоток и магнитные потоки рассеяния не учитываются.

Введем обозначения: i_1 — ток первичной обмотки; i_2 — ток вторичной обмотки; i_R — ток протекающей через активное сопротивление; i_C — ток конденсатора; Φ_A, Φ_B мгновенное значение потоков в сердечниках.

Намагничивания ферромагнитных элементов степенной функцией, считая их идентичными. Тогда для ферромагнитных элементов имеем:

$$i_1 w + i_2 w = k \Phi_A^n; i_1 w - i_2 w = k \Phi_B^n. \tag{1.1}$$

Отсюда

$$i_2 = \frac{K}{2w}(\Phi_A^n - \Phi_B^n) \tag{1.2}$$

Уравнение электроферромагнитного колебательного контура имеем:

$$w \frac{d^2}{dt^2}(\Phi_A - \Phi_B) + \frac{\omega}{RC} \frac{d}{dt}(\Phi_A - \Phi_B) + \frac{K}{2\omega C}(\Phi_A^n - \Phi_B^n) = 0 \tag{1.3}$$

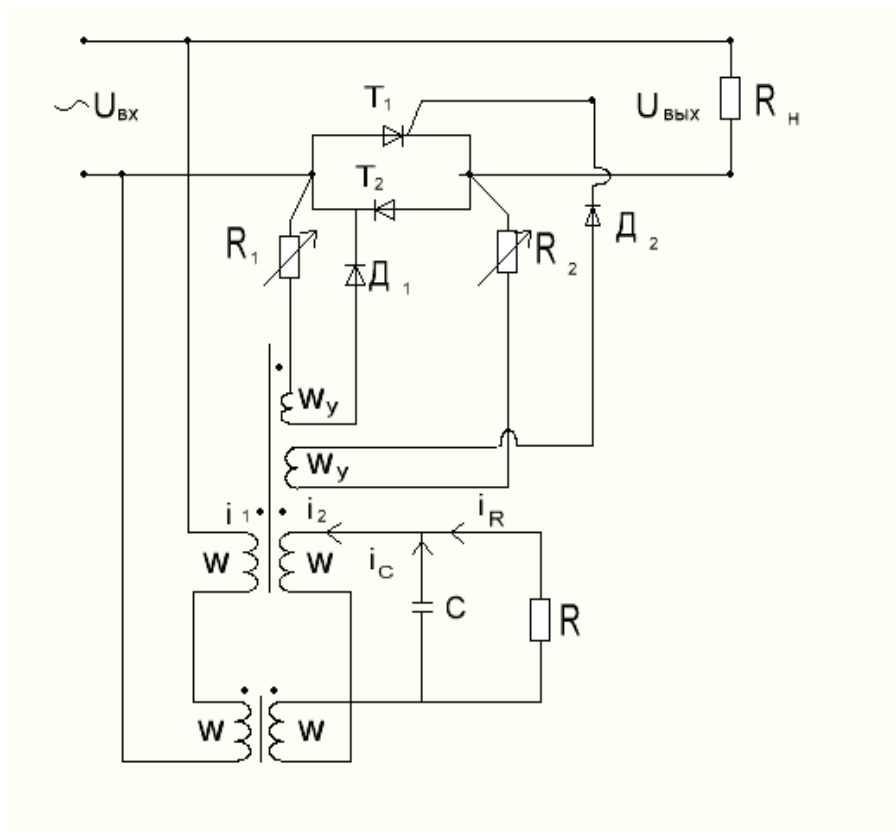


Рис 1. Ферромагнитно-тиристорный стабилизатор напряжения

где,

$$\Phi_A + \Phi_B = \Phi_{1m} \cos \omega t \tag{1.4}$$

$$\Phi_A - \Phi_B = \Phi_{2m} \tag{1.5}$$

Принимая $n=3$ после ряда математических преобразований, введением безразмерных величин и получим.

$$\frac{dx^2}{d\tau^2} + \delta \frac{dx}{d\tau} + 3Y_m^2 x \cos^2 \tau + x^3 = 0 \tag{1.6}$$

На основе полученных теоретических и экспериментальных результатов можно сделать вывод о том, что на базе ферромагнитного-тиристорного усилителя с цепью управления можно создать стабилизатор напряжения переменного тока, отмечающихся высокой надежностью, простотой электрической схемы и лучшими высокогабаритными показателями.

Литература:

1. Ф. Е. Евдокимов. Теоритические основы электротехники. «Высшая школа». Москва-1975 г.
2. Хьюз, В. Нелинейные электрические цепи. М: энергия 1977.336 стр.
3. Хояси, Т. Вынужденные колебания в нелинейных системах. М: 1957. 207 стр
4. Дорогунцев, В. Г., Овчаренко Н. И. Элементы автоматических устройств энергосистем М. «Энергия» 1979.
5. Кадыров, Т. М., Алимов Х. А., Файзиев М. М. Установившийся режим ферромагнитного удвоителя частоты. Ўзбекский журнал проблемы информатики и энергетики 1997. № 3 стр 29–33.

Стабилизатор напряжения на базе магнитного усилителя с применением тиристорных элементов в цепи управления

Файзиев Махманазар Мансурович, кандидат технических наук, доцент;
 Маматкулов Асом Норович, старший преподаватель;
 Каримов Илхом Нормаматович, соискатель, ассистент
 Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Магнитными усилителями принято называть усилители мощности тока и напряжения в электрических цепях переменного тока.

Магнитные усилители, основным элементом которых являются катушки с магнитопроводами, отличаются простотой конструкции, высокой надежностью, постоянной готовностью к работе, высоким коэффициентом полезного действия и практически неограниченным сроком службы. Поэтому они находят широкое применение в автоматических устройствах в качестве усилителей мощности, а также линейных и нелинейных преобразователей сигналов. Кроме того, в цепях управления магнитных усилителей сравнительно легко осуществляется суммирование большого количества сигналов.

Магнитный усилитель может работать при изменении сопротивления цепи управления в широком диапазоне. Вместе с тем значение сопротивления четным гармоникам тока в цепи управления, которые непременно возникают при подмагничивании магнитопровода постоянным током $I_{управ}$, существенно влияет на процессы в усилителе и форму тока в рабочей цепи. В зависимости от сопротивления токам четных гармоник возможны два

режима работы магнитных усилителей. В случае малого сопротивления, когда токи четных гармоник проходят свободно и практически не создают падений напряжения в цепи управления, имеет место режим свободного намагничивания. В режиме свободного намагничивания обеспечивается наибольшее усиление мощности.

Сопротивление цепи управления R_y достаточно малым, а усилитель работающим в режиме, близком к режиму свободного намагничивания, если выполняется условие

$$R'_{управ} = R_y \frac{W_{рабоч}^2}{W_{управ}^2} < 0,1 R_{нагр} \tag{1}$$

Для рабочей цепи магнитного усилителя отметить следующее уравнение

$$u = i_p R + W_p S \left(\frac{dB_{i,1}}{dt} + \frac{dB_{i,2}}{dt} \right) \tag{2}$$

причем

$$u = \sqrt{2} \cdot U \sin \omega t \tag{3}$$

Для цепи управления в установившемся режиме в общем случае должно выполняться уравнение:

$$W_y S \left(\frac{dB_{i,1}}{dt} - \frac{dB_{i,2}}{dt} \right) + i_y R_y = U_{управ} \quad (4)$$

где $U_{управ}$ — напряжение цепи управления;
 i_y — ток цепи управления; содержащей постоянную составляющую

— $J_{o,y}$ — и четные гармоники i_{2y}
 поскольку в установившемся режиме индукция в обоих магнитопроводах изменяется с одинаковой скоростью, (2) принимает вид,

$$u = i_{раб} R + 2W_{раб} S \frac{dB_i}{dt} \quad (5)$$

Основные их особенности определяются необходимостью применения постоянной составляющей тока в этой управляющей обмотке, возможной из-за различия моментов времени включения тиристоров и диодов в положительном и отрицательном полупериодах и обеспечением цепи.

Равенство моментов времени (углов α) включения тиристоров (рис.1) обеспечивается основным фронтом импульсов управляющих токов. Открытое состояние ти-

ристора после перехода мгновенных значений анодного напряжения через нуль в течение четверти периода, необходимое для прохождения тока подмагничивания, достигается длительностью прямоугольного импульса управляющего тока,

$$t_{импульс} = \frac{1}{W} \left(\frac{3\pi}{2} - \alpha \right) \quad (6)$$

Формирование импульсов осуществляется R; L; C-цепями. Формированию способствуют создание режима свободного намагничивания магнитного усилителя путем соединения (для четных гармоник) конденсатором C_6 одной из обмоток М. У. Кроме того предусматривается выравнивание углов включения тиристоров переменными резисторами R1; R2.

Для активной нагрузки схемы устройства, показанного на рис.1, имеем следующее уравнение:

$$u_{ex} = W \frac{d}{dt} (\Phi_A + \Phi_B) \quad (7)$$

$$W \frac{d}{dt} (\Phi_A - \Phi_B) + R_n \frac{di_2}{dt} = 0 \quad (8)$$

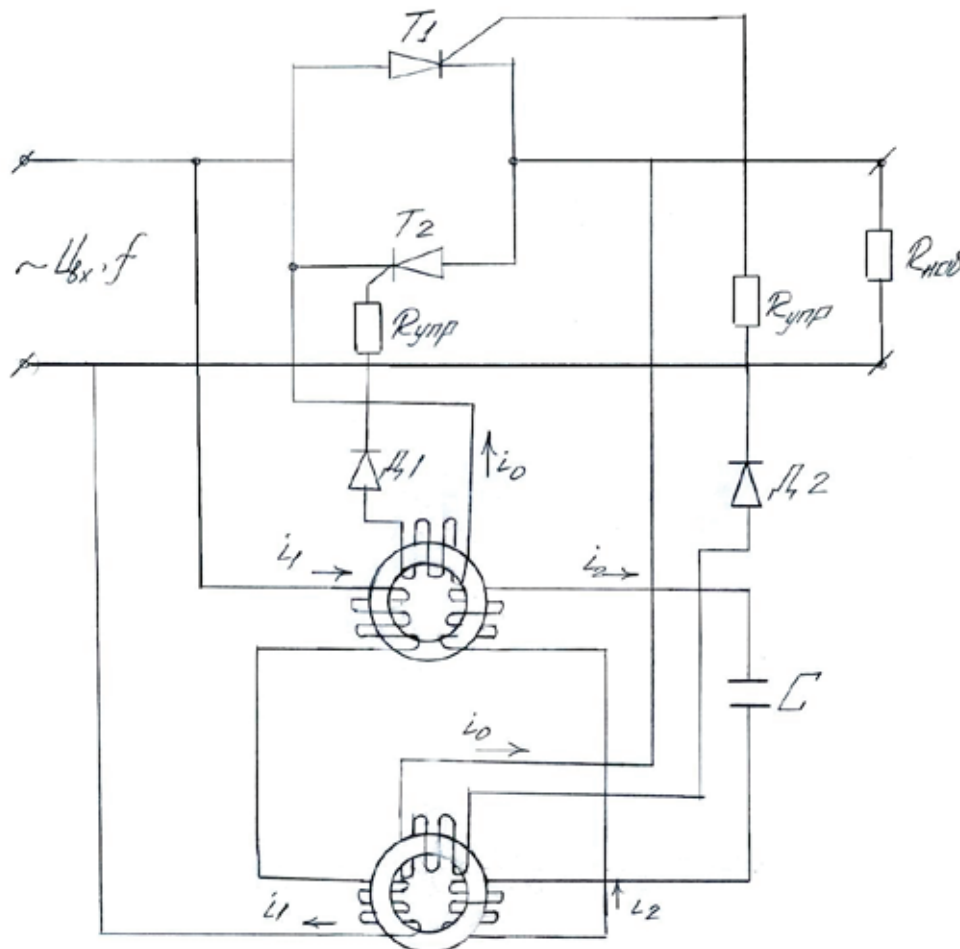


Рис 1. Стабилизатор напряжения на базе магнитного усилителя

$$i_1 W_1 + i_2 W_2 + i_0 W_0 = K_1 \Phi_A + K_3 \Phi_B^3 \quad (9)$$

$$i_1 W_1 - i_2 W_2 - i_0 W_0 = K_1 \Phi_A + K_3 \Phi_B^3 \quad (10)$$

Отсюда, где

$u_{вх}$ — входная напряжения гармоника,

Φ_A, Φ_B — магнитные потоки в сердечниках МУ;

K_1, K_3 — коэффициенты аппроксимирующей функции;

$i_1, i_н$ — ток первичной, вторичной обмотки;

i_0 — ток подмагничивания;

$R_н$ — параметры активной нагрузки;

$W_1; W_2; W_0$ — число витков первичных, вторичных обмоток и обмотки подмагничивания.

Вводя базисные величины и приведя их к безразмерному виду, после некоторых математических преобразований, используя метод гармонического баланса, получим уравнение, которое имеет следующее решение:

$$x_{1m}^2 = \frac{2aX_{2m} \pm \frac{2}{\delta} \sqrt{a^2 x_0^2 \delta^2 + x_{2m}^2 x_0^2 - x_{2m}^4}}{3(x_0^2 - x_{2m}^2)} \quad (11)$$

Приведенный на рис.1 стабилизатор напряжения на базе магнитного усилителя состоит в следующем:

A, B — магнитный усилитель;

T 1; T 2 — тиристоры;

D1; D2 — диоды;

C — конденсатор;

$R_{упр}$ — активное сопротивление для управляющих обмоток;

$R_{наг}$ — активная нагрузка.

где, базисные имеем;

Литература:

1. Филиппов, Е. Нелинейная электротехника. — М: Энергия 1978.496 стр.
2. Хьюз, В. Нелинейные электрические цепи. М: энергия 1977.336 стр.
3. Хояси, Т. Вынужденные колебания в нелинейных системах. М: 1957. 207 стр.
4. Дорогунцев, В. Г., Овчаренко Н. И. Элементы автоматических устройств энергосистем М. «Энергия» 1979.
5. Кадыров, Т. М., Алимов Х. А., Файзиев М. М. Установившийся режим ферромагнитного удвоителя частоты. Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики» 1997. № 3 стр. 29—33

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях 0,4кВ

Файзиев Махманазар Мансурович, кандидат технических наук;

Хушмуродов Азамат Рузиевич, старший преподаватель;

Курбонов Нажмиддин Абдихамидович, старший преподаватель;

Ниматов Камолитдин Бахриддинович, ассистент

Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Для определения допустимых колебаний напряжения в расчетной точке сети исходными данными являются

графики работы резко переменной нагрузки. Размах эквивалентного колебания напряжения определяют по формуле, %

$$\delta = \frac{K_1 R_H}{2W^2 \omega}, \quad \tau = \omega t$$

$$a = \frac{3}{4} X_{2m}^3 + 3X_{2m} x_0^2 + X_{2m}$$

Задаваясь значением δ для различных x_0 построим характеристику $X_{1m} = f(X_{2m})$ для различных токов подмагничивания, после некоторых математических преобразований строим зависимость $i_0 = f(X_{1m})$, необходимую для стабилизации выходного напряжения.

Таким образом, необходимый ток подмагничивания обмотки управления можно получить стабилизацией напряжения на базе магнитного усилителя.

Существующие стабилизаторы напряжения на базе магнитного усилителя с цепью управления с применением следующие:

- постоянный магнит;
- автономный источник питания фильтр постоянного тока.
- электроферрорезонансный контур через диодный мост.

В цепи управления магнитного усилителя с применением электромагнитно-тиристорного контура нагрузочный режим стабилизатора напряжения приводит в следующие преимущественные технические показатели:

- уменьшение весо-габаритных показателей устройств около 30%
- простота схема соединения в цепью управления магнитного усилителя;
- широкий диапазон регулирования подмагничивания, он автоматически управляется.

$$V_{i,y\acute{e}a} = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\delta Q_i^2}{n_e}}}{S_e}$$

где δQ_i^2 — значение i -го размаха реактивной мощности определенное графику; n_e — суммарное число размахов за время расчетного цикла.

При значениях суммарных активного r_Σ и реактивного x_Σ сопротивление сети в расчетной точке одного порядка влияние колебаний напряжения определяются по формуле:

$$\delta U = \frac{(\delta I_a r_\Sigma + \delta I_p x_\Sigma)}{U_{i\acute{e}i}}; \delta U = \frac{(\frac{\delta \mathcal{D} r_\Sigma'}{x_\Sigma} + \delta Q)}{S_e}$$

где δI_a , δI_p — размахи соответственно активного и реактивного тока; $\delta \mathcal{D}$, δQ — размахи колебаний активной и реактивной мощностей.

Для резко переменных нагрузок, когда технико-экономическим анализом доказана нецелесообразность схемных решений, способных снизить до необходимого уровня влияние толчковой нагрузки, рекомендуется предусматривать устройства динамической и статической компенсации реактивной мощности (КРМ). В узлах сети предприятия с нелинейными нагрузками допускается применение в качестве источника реактивной мощности конденсаторных батарей, если выполняются следующие условия:

$$\text{для вентильных преобразователей } \frac{S_{e\acute{c}}}{S_{i\acute{e}}} \geq 200$$

$$\text{для других нелинейных нагрузок } \frac{S_{e\acute{c}}}{S_{i\acute{e}}} \geq 100$$

где $S_{e\acute{c}}$ — мощность короткого замыкания; $S_{i\acute{e}}$ — суммарная мощность нелинейной нагрузок.

При коэффициенте не синусоидальности менее 5% рекомендуется применять в качестве устройств компенсатор реактивной мощности батареи конденсаторов в комплексе с защитным реактором или фильтры. Мощность батарей БК конденсаторов находится на условии баланса реактивной мощности. Напряжения БК определяют в следующем условиями

$$U_{б.к} \geq v_{мин}^2 \cdot U_{ном} / (v_{мин}^2 - 1)$$

где $v_{мин}$ — наименьший порядковый номер гармоник; $U_{ном}$ — номинальное напряжение сети, в которой устанавливают конденсатор, защищенный реактором.

При применении БК с последовательно включенным защитным реактором необходимо обеспечить индуктивный характер цепи на частоте, наименьшей из генерируемых суммарной нелинейной нагрузкой гармоник. Индуктивное сопротивление защитного реактора на частоте 50Гц определяют из условия, $Ом$

$$x_p \geq 1,1 \cdot U_{ном,б.к}^2 / (v^2 Q_{ном,б.к}).$$

где $Q_{ном,б.к}$ — реактивная суммарная мощность БК по данным завода — изготовителя.

Мощность всех компенсирующих устройств, которую требуется ввести на предприятия ($Q_{K\Sigma}$), зависит от максимальной реактивной нагрузки мощности предприятия Q_p и от входной реактивной мощности из энергосистемы $Q_{ЭС}$. Поэтому реактивную мощность всех источников предприятия (синхронных генераторов компенсаторов, двигателей, конденсаторных батарей) определяют на балансе

$$Q_{K\Sigma} = Q_p - Q_{ЭС}$$

При наличии в системе электроснабжения предприятия КУ мощностью $Q_{K\Sigma}$ обеспечивается баланс реактивной мощности предприятия в наиболее напряженного периода — в часы максимума. Компенсация реактивной мощности с одновременным улучшением качества электроэнергии непосредственно в сетях промышленных предприятий является одним из основных направлений сокращения потерь электроэнергии и повышения эффективности электроустановок предприятия. Ввод источника реактивной мощности приводит к снижению потерь в период максимума нагрузки в среднем на 0,81 кВт/кВАр. В настоящее время степень компенсации в период максимума нагрузки составляет 0,25 кВт/кВАр/кВт, а значительно меньше экономически целесообразной компенсации, равной 0,6 кВт/кВАр/кВт. Поэтому решение этой проблемы даст большой экономический эффект. Следует отметить, что с точки зрения экономики электроэнергии и регулирования напряжения компенсацию реактивной мощности наиболее целесообразно осуществлять у ее потребителей. Наибольшая суммарная реактивная нагрузка предприятия, принимаемая для определения мощности компенсирующих устройств (КУ), равна

$$Q_{м1} = k_{нс,в} \cdot Q_p$$

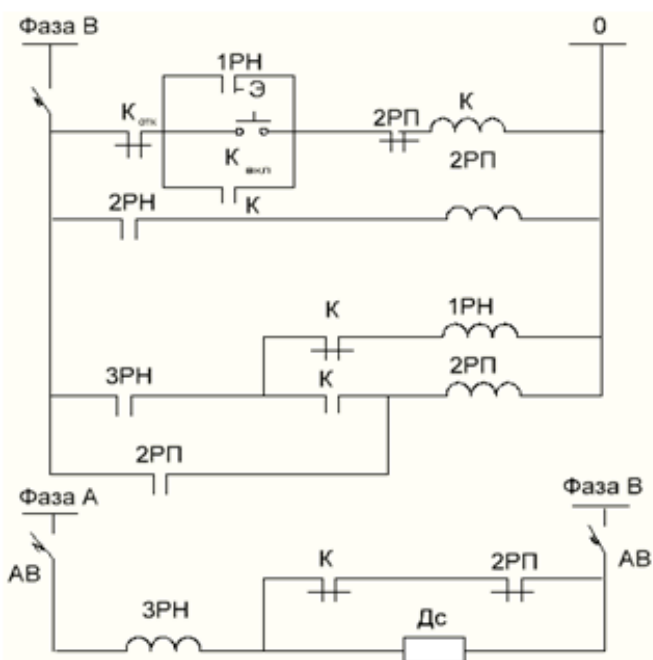
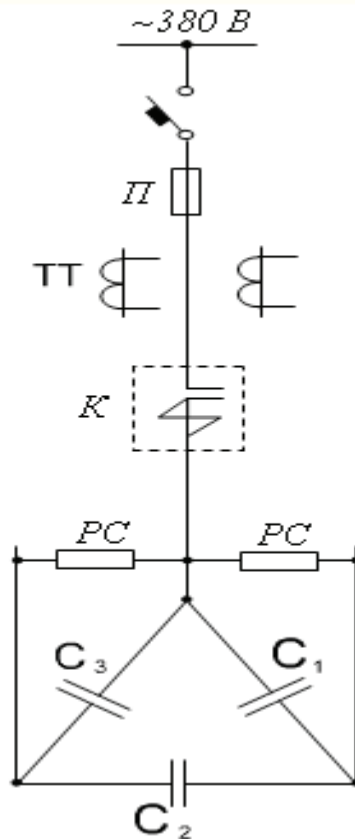
где, $k_{нс,в}$ коэффициент, учитывающий несовпадение по времени наибольший активной нагрузки энергосистемы и реактивной нагрузки промышленного предприятия.

К сетям напряжением до 1кВ промышленных предприятий подключается большая часть потребителей реактивной мощности. Коэффициент мощности нагрузки НН обычно не превышает 0,8. Сети напряжением 380–660В электрически более удалены от источников питания, поэтому передача реактивной мощности в сеть НН требует увеличения сечений проводов и кабелей, повышения мощности силовых трансформаторов и сопровождается потерями активной и реактивной мощности. Затраты, обусловленные перечисленными факторами, можно уменьшить или даже устранить, если осуществлять КРМ непосредственно в сети НН. При выборе цеховых конденсаторных батарей (КБ) следует стремиться в пределах их типа, чтобы их мощность была близка к реактивным нагрузкам цехового РП, к которому присоединена эта батарея, так как это дает наибольший экономический эффект от снижения потерь энергии в сети.

Для конденсаторных установок до 1000В необходимы аппараты, рассчитанные на частое (до 20–30 операций в сутки) коммутирование часто емкостной нагрузки в диапазоне 300–800А при автоматическом регулировании. Обычные автоматы А 3700 или контакторы КТУ-4; КТ6043 с предохранителями следует выбирать с запасом

по току не менее 50 %, так как они рассчитаны для коммутации индуктивной, а не емкостной нагрузки.

Конденсаторы до 1000В имеют индивидуальные встроенные предохранители, следовательно, необходима только общая защита батареи. При защите предохранителями ток плавкой вставки определяется по формуле, А:



Цель оперативного тока	
Цель автомата	
1РН – включает при понижении напряжения	Вкл. и откл.
2РН – отключает при повышении напряжения	
Цель включения при понижении напряжения	
Цель отключения при повышении напряжения	
Цель 3РН при понижении напряжения	
Цель 2РП при повышении напряжения	

Рис.1. Схема одноступенчатого автоматического регулирования напряжения с одной реле напряжениями

$$I_{\dot{a}} \leq 1,6n \frac{Q_{\dot{e}}}{\sqrt{3}U_{\dot{e}}}$$

где n — общее количество конденсаторов в установке (во всех фазах), шт; $Q_{\dot{e}}$ — номинальная мощность одного однофазного конденсатора, кВАр; $U_{\dot{e}}$ — линейное напряжение, кВ.

Баланс реактивной мощности должен обеспечиваться при всех режимах работы системы электроснабжения: нормальном, послеаварийном и ремонтном. При послеаварийном и ремонтном режимах используются все средства генерации реактивной мощности независимо от их экономичности. Компенсирующие устройства используются также в качестве одного из средств регулирования напряжения с целью обеспечения оптимального режима напряжений в электрических сетях.

На период нормального напряжения реле напряжения (ЗРН) нормально замкнутых контактов контактора «К» соединенного в сетях фаза «А» и фаза «С», промежуточных реле (2РП) при нормально замкнутых контактов, по напряжению $U_{p.n} = 380В$ в нормальный рабочий цепь работает. На реле напряжения (ЗРН) открытых контактов закрывается. Рабочей напряжения на реле напряжения (1РН) на примерах напряжения $U_{p.n} = 220В$. На реле напряжения (1РН) нормально открытых контактов за-

крывается и пуск к работе контактора «К». Реле напряжения (2РН) регулировано на примере рабочей напряжения $U_{p.n} = 250В$, защита установлена на повышения напряжения в цепи. Когда в цепи напряжения 250В тогда, работает реле напряжения (2РН). Реле напряжения (2РН) открытых контактов закрывается и промежуточных реле (2РП) работает. На промежуточных реле (2РП) нормально закрытых контактов открывается и открытых контактов закрывается. Возврат контактов реле напряжения (2РН) регулировано на примере по напряжению $U_{д.д.с.а} = 210А$. Когда значение напряжения равен 210В, тогда контактов реле напряжения (2РН) возвращается на месте и контактов реле напряжения (ЗРН) нормально открытых закрывается и реле напряжения (1РН) работает. Нормально открытых контактов реле напряжения (1РН) и автоматически включает контактора и схема работает. Заключается о том, что предлагаемая нами схема компенсации реактивной мощности в электрических сетях 0,4кВ отличаются в следующее: низкими весогабаритными показателями; улучшение технико-экономические расходы; простата схема соединение; надежность режим работы и улучшение качества электроэнергии.

Приведена нами, рис.1 схема одноступенчатого автоматического регулирования напряжения с одной реле напряжениями.

Литература:

1. Б. Ю. Липкин “Электроснабжения промышленных предприятий и установок”. М. “Высшая школа”, 1980г
2. Е. А. Конюхова Электроснабжения объектов. Учебное пособие. М. Издательство “Мастерство”, Высшая школа, 2001

Исследование роботизированной обработки инструментом с абразивным покрытием

Чудинов Владислав Александрович, студент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Research robotic machining tool with an abrasive coating

Chudinov Vladislav Alexandrovich

Использование промышленных роботов для шлифования и отделочной обработки деталей привлекает к себе все большее внимание. Это объясняется тем, что процессы с применением промышленных абразивов обычно испытывают определенные физические ограничения, а также связаны с пребыванием персонала во вредных окружающих условиях. Многие компании считают, что повторяющиеся операции отделочной обработки увеличивают текучесть кадров. Контроль качества ручных процессов вызывает значительные трудности, связанные с большим разбросом показателей деятельности различных рабочих. Наконец, механические усилия, развиваемые при ручном способе обработки, могут не соответствовать технологическим требованиям, предъявляемым к инструменту с абразивным покрытием.

Ключевые слова: шлифование, робот, модель, инструмент.

Современный инструмент с абразивным покрытием оказывается более эффективным при высоком рабочем усилии, что связано с минимизацией нагрева обрабатываемой детали, вызванной сокращением времени силового контакта инструмента с деталью. Продление срока службы абразивного инструмента зависит от степени точности управления скоростью и давлением. Управление этими параметрами при ручной обработке вызывает трудности. В качестве абразивного инструмента используются различные материалы, включая природные минералы (кремний, корунд, технические алмазы и гранат), синтетические материалы (окись алюминия, карбид кремния, сплав алюминия с цирконием). В качестве опорного слоя для этих минералов могут служить бумага, ткань, сочетание бумаги с тканью, волокна, пленка. Эти материалы изготавливаются в форме лент, листов, дисков, плоских колес, волокон, импрегнированных абразивом.

Выделяются два различных метода роботизированной обработки абразивным инструментом. В первом случае робот перемещает деталь относительно неподвижного абразивного инструмента. Во втором случае робот перемещает инструмент, а деталь закреплена неподвижно. В большинстве случаев первый вид обработки является более эффективным. Такой режим обработки имеет несколько преимуществ, главное из которых возможность подведения максимальной мощности к абразивному инструменту. Это позволяет производить механическую обработку при максимально возможной нагрузке.

Неподвижное закрепление инструмента и перемещение детали рукой робота позволяют полностью реализовать возможности манипуляционной системы. В подавляющем большинстве случаев легче поворачивать и позиционировать деталь сложной формы, чем перемещать громоздкий привод ленточного инструмента с абразивным покрытием, щетку или абразивный диск по сложной траектории относительно детали.

Технологические операции зачистки места соединения отливки с литником, удаления облоя, шлифования линии разъема формы являются типичными для процессов обработки деталей из металла. В случае, когда робот манипулирует обрабатываемой деталью, операции могут выполняться последовательно в пределах одного цикла. При этом робот выполняет не только технологические функции, но и перемещает деталь от одного процесса к другому. Например, извлечения из формы заготовка в первую очередь поступает на участок обработки шлифовальной лентой, где выполняется удаление литников, следов линий разъема формы и крупных заусенцев. Затем она может поступить на соседний участок механической обработки, где выполняются сверление и расточка, далее к ленточному шлифовальному механизму для предварительной отделки и к полировочной щетке для окончательной отделки. Все операции выполняются без вмешательства человека. Задача автоматизации описанного процесса в случае подвижного обрабатывающего инструмента и закрепленной детали решается значительно сложнее.

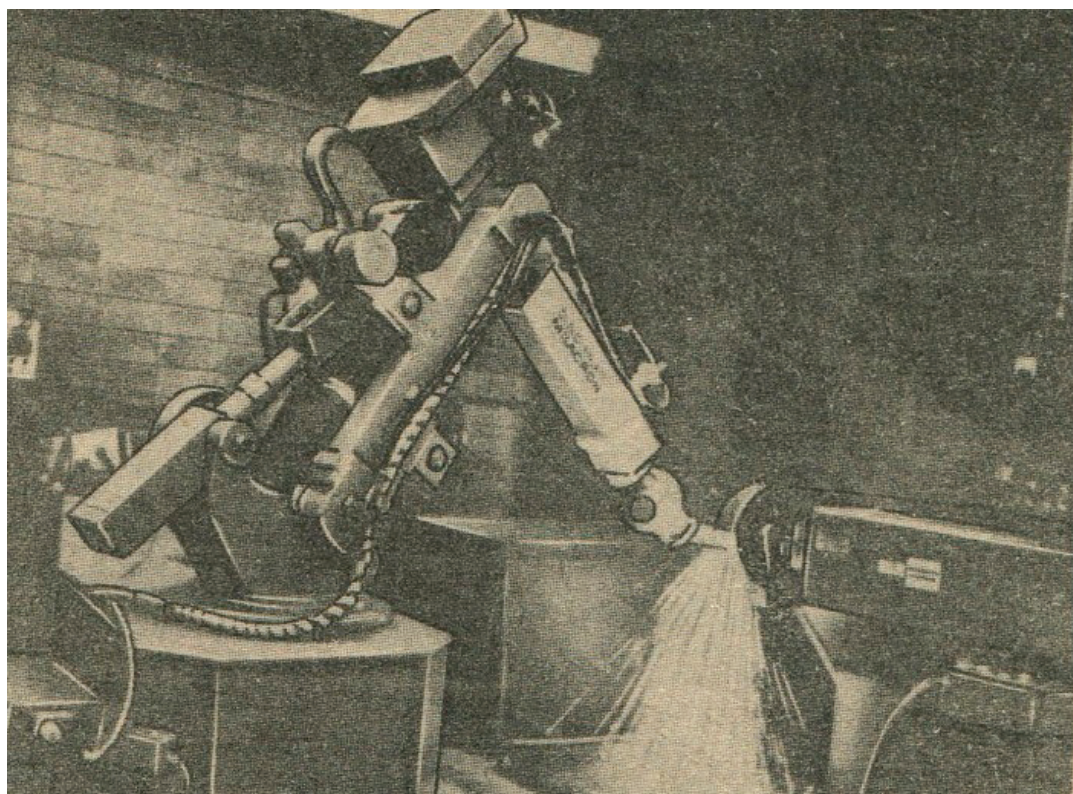


Рис. 1. Роботизированный участок

Однако в случае, когда масса или габариты детали не позволяют перемещать ее с помощью робота, целесообразно организовать автоматизацию процесса обработки в режиме роботизированного перемещения инструмента и неподвижного закрепления детали. Сообщается, например, об успешных испытаниях участка роботизированного шлифования и зачистки сварочных швов на линии сварки автомобильных дверей. В этом процессе робот перемещает шлифовальный инструмент.

Среди типичных областей применения подвижного роботизированного абразивного инструмента отмечаются: дисковое шлифование громоздких сварных конструкций, шлифование абразивной лентой сварных и литых деталей, снятие заусенцев и окончательная отделка абразивными щетками.

Для случая роботизированного перемещения инструмента предлагается альтернативная технологическая схема, в соответствии с которой отдельные шлифовочные

и отделочные операции выполняются над последовательно установленными на движущемся конвейере деталями. Обработка каждой отдельной детали производится в период ее прохождения в зоне роботизированного участка. Эта схема обработки также легко поддается автоматизации.

Системы роботизированной обработки абразивным инструментом находят практическое применение. На рис.1 показан роботизированный участок заточки отвала газонного планировщика. Робот перемещает обрабатываемое изделие относительно неподвижно закрепленной ленты с абразивным покрытием. Применение роботов позволяет использовать более мощный и производительный обрабатывающий инструмент. Роботизированные системы также могут быть более эффективным средством, позволяющим получить оптимальные рабочие характеристики новых уже внедряемых и перспективных абразивных материалов.

Литература:

1. Поезжаева Е.В./Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2009. — Ч.2—185.
2. Поезжаева Е.В./Теория механизмов и механика систем машин. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2009. — Ч.3—164.
3. Поезжаева, Е. В., Юртаев Р. И., Чудинов В. А., Идентификация геометрических параметров роботов // Молодой ученый № 15 (93) 2015

Квантовые компьютеры: надежды и реальность

Шафеев Даниил Евгеньевич, студент;

Олейникова Алла Васильевна, старший преподаватель;

Когай Галина Давыдовна, кандидат технических наук, доцент

Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

В статье были рассмотрены квантовые компьютеры. В чём их отличие от повседневных компьютеров. Какую пользу они могли бы принести и какую уже приносят. Какие ключевые проблемы стоят перед инженерами для реализации полноценного квантового компьютера. И наконец, сможет ли квантовый компьютер нарушить безопасность интернета. Стоит ли криптографам начинать работу над новыми алгоритмами защиты. А так же были рассмотрены криптографические методы, которые устойчивы к квантовым компьютерам: симметричное шифрование, симметричная аутентификация, шифрование с открытым ключом и шифрование с открытым ключом подписи.

Ключевые слова: квантовые компьютеры, криптография, кубиты, безопасность, криптоключи, криптоалгоритмы, криптосистемы, алгоритмы, ключи, шифрование, вычисления, криптозащита.

Для начала напомним, что квантовым компьютерам начало положили два основных открытия, за которые их авторы удостоились Нобелевской премии. В 1918 году Макс Планк открыл квант, а Альберт Эйнштейн в 1921 году фотон. [1], [2]. Идея создания квантового компьютера зародилась в 1980 году, когда было доказано об истинности квантовой теории. А идеи начали воплощаться в практику только в 1998 году. Массовые,

и при этом достаточно результативные работы, проводятся только в последние 15 лет. Основные принципы понятны, но с каждым шагом вперед возникает все больше проблем, разрешение которых занимает достаточно много времени, хотя этой проблемой занимается очень много лабораторий во всем мире. Требования к такому компьютеру очень большие, так как точность измерений должна быть очень высокой и нужно свести к минимуму количе-

ство внешних воздействий, каждое из которых будет искажать работу квантовой системы.

Простые компьютеры, которые мы используем ежедневно, используют «биты» для хранения информации — 1 и 0 — и строки из этих нулей и единиц, представляющих определенную цифру или букву.

В противовес этому, квантовые компьютеры используют преимущества довольно странных физических явлений, когда крошечные частицы могут существовать в нескольких местах одновременно. Вместо того чтобы использовать биты, обладающие только двумя «установками», они используют квантовые биты, или «кубиты», у которых есть дополнительная установка: они могут быть 1 или 0, или 1 и 0 одновременно.

Таким образом, обычный компьютер с двумя битами имеет возможность кодировать информацию лишь только в четырёх вероятных композициях: 00, 01, 10, 11. Квантовый компьютер имеет возможность брать на себя все эти четыре композиции в одно и тоже время. Это позволяет ему обрабатывать экспоненциально больше информации, чем могут простые компьютеры.

В создании компьютера нового поколения выделяют четыре направления, которые отличаются тем, что выступают в роли логических кубитов:

- 1) направление спинов частиц, составляющих основу атома;
- 2) наличие или отсутствие куперовской пары в установленном месте пространства;
- 3) в каком состоянии находится внешний электрон;
- 4) различные состояния фотона.

А теперь рассмотрим схему, по которой работает компьютер. Для начала берется какой-нибудь набор кубитов и записываются их начальные параметры. Выполняются преобразования с использованием логических операций, записывается полученное значение, являющееся результатом выдаваемым компьютером. В роли проводов выступают кубиты, а преобразования составляют логические блоки. Такой процессор был предложен Д. Дойчем, который в 1995 году смог создать цепочку способную выполнять любые вычисления на квантовом уровне. Но такая система дает небольшие погрешности, которые можно немного уменьшить, увеличив количество операций, задействованных в алгоритме.

Как можно применить квантовые компьютеры? Например, квантовые компьютеры могут существенно улучшить аэрокосмические, военные и оборонные системы. Со всеми спутниками, которые у нас имеются, мы постоянно собираем тонны изображений и видео. Большую часть этих данных никто не просматривает, поскольку в ней сложно разобраться. В том числе и потому, что современные компьютеры не очень хорошо распознают и выделяют нужные данные из собранного ряда. Квантовые компьютеры могут сортировать гигантские объемы данных быстрее и точнее людей, которым нужно просматривать снимки и видео, чтобы понять их смысл. Та же способность квантовых компьютеров может при-

вести нас к безопасному транспорту. Квантовые компьютеры могут лечь в основу полуавтоматических автомобилей (не таких интересных, как самоуправляемые авто Google, но все же), которые смогут предупреждать нас о возможном столкновении и самостоятельно принимать некоторые решения во время езды. А так же квантовые компьютеры могут уничтожить все существующие алгоритмы шифрования.

Материалы и методы

Предметом исследования является оценка и замены современных криптографических систем-протоколов, используемых для шифрования и защиты частной информации, которая находится в сетях интернет и других цифровых сетях.

Обсуждение

Сегодня квантовые компьютеры не просто фантастика. Они уже не просто существуют, но и формируют и решают свежие трудности в защищенности. Нас повсюду окружают различные радиоволны и электрические сигналы:

Wi-fi, GPS, и все возможные виды компьютеров от дата-центров до ноутбуков, планшетов, смартфонов. И всё это нуждается в защите. Они все снабжены системой шифрования, защищающей информацию от чтения и изменения посторонними. Но всей защищенности могут положить конец квантовые компьютеры.

Возможно, квантовый компьютер мог бы быть у каждого заинтересованного хакера дома, но есть определенные проблемы при создании полноценного квантового компьютера. Ключевая проблема в том, чтобы поддерживать кубиты в состоянии запутанности, потому что каждая квантовая система то и дело норовит упасть в традиционную, лишённую неопределенности. Здесь невозможно не упомянуть многострадального кота Шредингера, который не имеет возможности быть живым и мертвым одновременно, а в квантовом компьютере это поразительное состояние должно поддерживаться достаточное время для прогноза задачи и измерения результатов. Как правило речь идет о наносекундах, в наилучших системах — единицах секунд. Сложность задачи растёт с ростом числа кубитов. Для решения задач по взлому шифров необходим квантовый компьютер с 500–2000 кубитов, в то время как сейчас существующие системы оперируют с единицами кубитов (рекорд — 14 кубитов). Таким образом, взлом вашего SSL-сертификата на квантовом компьютере сегодня еще невозможен, но, возможно, будет реален уже через пять лет.

На фоне вышеперечисленных сложностей, с которыми сталкиваются практически все разработчики, довольно вызывающе смотрятся физиков фирмы D — Wav, которая реализует квантовые компьютеры из

512 кубит. Почти все специалисты опровергают, собственно, что у D — Wave вышел настоящий квантовый компьютер, потому что он реализован на эффекте квантового отжига. Не смотря на всё компьютер D — Wave решает определенный класс задач оптимизации явно квантовыми методами, то есть честно выполняет свою работу. Он не приспособлен для решения многих других «квантовых» задач, что признают и создатели, но практическую пользу уже приносит. Google планирует решать на компьютере задачи машинного обучения, а Lockheed Martin на ряде экспериментов убедились, что компьютер способен находить ошибки в программном коде сложных приложений, управляющих истребителями F-35. Правда, компьютер D-Wave плохо приспособлен для вышеописанных задач по факторизации, поэтому не представляет особой угрозы для современных криптоалгоритмов. Угроза лежит в иной плоскости — работающий квантовый компьютер стимулирует большие компании и государства более активно вкладываться в разработки, ускоряя появление других видов квантовых компьютеров, которые способны подбирать криптоключи. [3]

Как ни странно, спасение телекоммуникаций от квантовой угрозы лежит в той же сфере, где и сама угроза. Связь, основанную на передаче единичных микрочастиц, по идее невозможно прослушивать, поскольку законы квантовой физики не разрешают измерить параметры микрочастицы, не исказив их. Это явление, общеизвестное как принцип наблюдателя (и часто путаемое с принципом неопределенности Гейзенберга), в теории устраняет главную проблему «классической» связи — вероятность прослушивания. Попытка прослушать сигнал извращает сообщение.

Поэтому больший процент помех на линии означает, что она прослушивается. Разумеется, хочется не только узнать о том, что вас слушают, но и предотвратить попадание информации в чужие руки. Поэтому квантовые криптосистемы обычно применяют «квантовую» линию связи для передачи одноразового ключа шифрования, который, в свою очередь, применяется для шифровки сообщения и трансляции по обычной линии связи. То есть квантовая криптосистема распределения ключей выполняет ровно ту же роль, что асимметричные криптоалгоритмы, которые намереваются пасть под напором квантовых вычислений. Так вот, в случае подозрения на прослушивание потенциально перехваченный ключ просто не применяется, и передача значимых данных двигается, только если квантовая передача ключа прошла успешно.

В отличие от квантовых компьютеров, квантовые криптосистемы уже давно не являются лабораторной инновацией. Хотя первые научные работы на эту тему появились тоже на рубеже 70–80-х годов XX века, до практического воплощения дело дошло быстрее. Первые лабораторные тесты прошли в 1989 году, а уже в конце 90-х функционировали коммерческие системы квантовой

передачи ключей на расстояние от 20 до 50 км. Такие организации, как id Quantique и MagiQ Technologies, продают готовые системы передачи криптоключей по обыкновенному оптоволоконному кабелю. Эти системы достаточно просты для установки обычным специалистом по прокладке компьютерных сетей. Соответственно, кроме различного рода военных и правительственных организаций их взяли на вооружение крупные коммерческие организации, банки и даже FIFA.

Хотя в теории квантовые системы связи не позволяют скрытно перехватывать информацию, практические реализации нельзя назвать неуязвимыми. Во-первых, проблема помех и большого расстояния не позволяет передавать единичные фотоны. Конечно, их число сводят к минимуму, но, раз фотонов больше одного, появляется теоретическая возможность перехватить один фотон и считать его состояние, не трогая остальные.

Во-вторых, примерно стокилометровый лимит расстояния для работы квантовых систем резко сужает спектр использования технологии. Даже если пользователи готовы раскошелиться на прямой оптоволоконный канал между ними, географически разнесенные точки общаться без «репитера», промежуточной точки, не смогут, а это очевидно уязвимое место для прослушивания и атаки «человек посередине».

В-третьих, хакеры от науки обнаружили, что, «ослепляя» фотодетекторы мощным лазером, можно манипулировать их показаниями, что позволяет фальсифицировать данные в системах квантового распределения ключей. Правда, эти уязвимости относятся к недостаткам реализации, а не концепции, они вполне устраняемы в будущем. Но уже произошедшие взломы лишь демонстрируют, что квантовые системы тоже не являются панацеей и защита передачи данных, если и перейдет из рук математиков в руки физиков, останется острой проблемой на многие годы вперед. Ну и наконец, маленькая, но серьезная проблема — в отличие от имеющихся технологий, квантовые системы еще долго останутся нишевыми и не будут десятками установлены в каждой квартире, как это сегодня обстоит с Wi-Fi, GSM и прочими. А значит, математиков рано списывать со счетов — классические криптосистемы, работающие с любым каналом связи, останутся востребованными еще многие десятилетия. Просто для них придется подобрать математические алгоритмы, непосильные квантовым компьютерам.

Это неизбежность, что криптографам нужно быть наготове, так как мощные квантовые компьютеры могут нарушить безопасность интернета. И исследователи твердо уверены, что работу над лекарством должны начинать уже сейчас.

Специалисты компьютерной безопасности встречались в Германии, чтобы обсудить квантово-стойкие для замены современных криптографических систем-протоколов, используемых для шифрования и защиты частной

информации, которая находится в сетях интернет и других цифровых сетях. Хотя сегодняшние хакеры могут, и довольно часто, украсть личную информацию, угадав пароли, выдать себя за авторизованных пользователей или установке вредоносного программного обеспечения в компьютерных сетях, существующим компьютерам не по силу взломать стандартные формы шифрования, используемый для отправки конфиденциальных данных через Интернет.

Но в тот день как появится первый квантовый компьютер с доступом в интернет, некоторые широко распространенные и важные методы шифрования устареют. Квантовые компьютеры используют законы, которые регулируют субатомные частицы, так что они могут легко победить существующие методы шифрования.

“Я искренне волновался, что мы не будем вовремя готовы в срок”, сказал Мишель Моска, соучредитель Института квантовых вычислений в Университете Ватерлоо в Канаде и главный исполнительный директор evolutionQ занимающийся кибербезопасностью.

Опубликованные эксперименты с малыми квантовыми устройствами начинают подходить к завершенности. Поэтому, что тайные организации, такие как АНБ остро заинтересованы в технологии.

Безопасность сегодняшнего интернет-трафика опирается в части от типа шифрования, называемого открытым ключом, который включает в себя RSA — установление секретной коммуникации между пользователями. Отправитель использует свободно распространяемый цифровой ключ, чтобы заблокировать сообщение, которое может быть разблокировано только с помощью секретного ключа, проведенного получателем. Безопасность RSA зависит от сложности разложения большого числа на его простые множители, которые служат в качестве секретного ключа. В общем, чем больше число, тем сложнее эту задачу решить. [5]

Исследователи считают, существующие компьютеры затрачивают долгое время, чтобы разложить на множители большие числа, отчасти потому что никто еще не обнаружил, как сделать это быстро. Но квантовые компьютеры могут разложить на множители большие числа экспоненциально быстрее, чем любой обычный компьютер, и это сводит на нет, зависимость RSA на факторинг быть трудным.

Уже существует несколько вариантов для новых криптосистем с открытым ключом. Они заменяют задачу факторинга с других сложных задач по математике, которые не будут уступать квантовым компьютерам. Хотя эти системы не являются абсолютно безопасными, исследователи считают, что они достаточно безопасны, чтобы защитить секреты от квантовых компьютеров для всех практических целей.

Одной из таких систем является решетка на основе криптографии, в которой открытый ключ представляет собой сетку, как совокупность точек в высокой размерности математического пространства. Один из способов,

чтобы послать секретное сообщение состоит в том, чтобы скрыть его некоторое расстояние от пункта в решетке. Работа над тем, как далеко зашифрованное сообщение в решетке сложная задача для любого компьютера, обычного или квантового. Но секретный ключ обеспечивает простой способ определить, насколько близко зашифрованное сообщение находится в узле решетки.

Второй вариант, известный как шифрование Мак-Элиса, скрывает сообщение, предварительно представив его в качестве решения простой задачи линейной алгебры. Открытый ключ преобразует простую задачу в то, что, кажется гораздо сложнее. Но только тот, кто знает, как отменить эту трансформацию, то есть, кто имеет частный (закрытый), ключ может прочитать секретное сообщение.

Один из недостатков этих замен, что они требуют до 1000 раз больше памяти для хранения открытых ключей, чем существующие методы, хотя некоторые системы на основе решетки на базе ключей не намного больше, чем те, которые используются компанией RSA. Но оба метода шифрования и дешифрования данных быстрее, чем современные системы, поскольку они опираются на простое умножение и сложение, в то время как RSA использует более сложную арифметику.

PQCRYPTO, европейский консорциум квантовой криптографии исследователей в науке и промышленности, выпустила предварительный доклад, рекомендуя криптографические методы, которые устойчивы к квантовым компьютерам. Он выступает за систему Мак-Элиса, которая сопротивляется атакам с 1978 года, для криптографии с открытым ключом.

Криптографические методы

1) Симметричное шифрование

Симметричные системы, как правило, не влияют на алгоритм Шора, но они страдают от Алгоритма Гровера. Под ударом Гровера, лучшая защита ключевой длины n $2^{n/2}$

Так, AES 128 предлагает только 2^{64} пост-квантовой безопасности. PQCRYPTO рекомендует тщательно проанализированы шифры с 256-битными ключами для достижения 2^{128} пост-квантовой безопасности:

- AES-256 [6].
- Salsa20 [7] с 256-битным ключом.

2) Симметричной аутентификации

Некоторые сообщения-кодов аутентификации обеспечивают “информационно-теоретическую безопасность”, гарантирующими что они являются такими же безопасными, как базовые шифры, даже против противника с неограниченной вычислительной мощности. Эти механизмы аутентификации, не подвержены квантовым вычислениям.

- GCM [8] используя 96-битный одноразовый номер и 128-битный аутентификатор.
- Poly1305 [9].

3) Шифрование с открытым ключом

Для шифрования с открытым ключом используемые в настоящее время алгоритмы, основанные на RSA и ECC легко нарушаются квантовыми компьютерами.

PQCRYPTO рекомендует следующие параметры, включенные в McBits [11] Для достижения 2128 пост-квантовой безопасности:

– McEliece с бинарными Горра используя коды длины $N = 6960$, размерность $K = 5413$ и добавление $t = 119$ ошибок.

4) С открытым ключом подписи

Подобные шифрования, используемые в настоящее время. Подписи основаны на проблемах, которые становятся легко решить с квантовыми компьютерами. Подписи используют криптографические хэш-функции для того, чтобы хэшировать сообщения, а затем подписать хэш.

PQCRYPTO рекомендует следующие две системы на основе хэш- 2^{128} для достижения пост-квантовой безопасности:

– XMSS [12] с любым из параметров, указанных в XMSS требует поддержания государством.

– SPHINCS-256. [13] SPHINCS является лицом без гражданства.

Вывод

Как бы то ни было, до сих пор никто не сумел выполнить больше, чем несколько квантовых логических операций на горстке кубитов, прежде чем пробьет время когерентности. Чем больше кубитов связано, тем выше вероятность того, что квантовый компьютер начнет вести себя как классический. Но сложные проблемы могут быть решены только с большим числом кубитов. «Чтобы построить квантовый чип, который будет похож на современные процессоры, потребуется много инженерии и понимания разных материалов и их поведения в квантовом мире».

Но не смотря на всё криптографам нужно быть наготове, так как мощные квантовые компьютеры могут нарушить безопасность интернета. И исследователи твердо уверены, что работу над лекарством должны начинать уже сейчас. А значит математиков рано списывать со счетов — классические криптосистемы, работающие с любым каналом связи, останутся востребованными еще многие десятилетия. Просто для них придется подобрать математические алгоритмы, непосильные квантовым компьютерам.

Квантовый скачок движется. И мы должны быть готовы.

Литература:

1. Планк, М. Единство физической картины мира. М., 1966.
2. Эйнштейн, А., Инфельд Л. Эволюция физики. — М.: Наука, 1965. — с. 241.
3. Vance, Ashlee. «D-Wave qubits in the era of Quantum Computing». The Register, February 13, 2010.
4. J. A. Jones, M. Mosca. Implementation of Quantum Algorithm on NMR Quantum Computer. J. Chem.Soc., 1998, v. 109, N5, pp.1648–1653.
5. П. Шор. Полиномиальные по времени алгоритмы разложения числа на простые множители и нахождение дискретного алгоритма для квантового компьютера. Сборник. «Квантовый компьютер и квантовые вычисления» вып.2 Ижевск, 1999ю с 200–247.
6. Joan Daemen and Vincent Rijmen. The Design of Rijndael: AES — The Advanced Encryption Standard. Information Security and Cryptography. Springer, 2002.
7. Daniel, J. Bernstein. The Salsa20 Family of Stream Ciphers. In Matthew J. B. Robshaw and Olivier Billet, editors, New Stream Cipher Designs — The eSTREAM Finalists, volume 4986 of Lecture Notes in Computer Science, pages 84 {97. Springer, 2008. Initial recommendations of long-term secure post-quantum systems
8. David, A. McGrew and John Viega. The Security and Performance of the Galois/Counter Mode of Operation (Full Version). Cryptology ePrint Archive, Report 2004/193, 2004. <https://eprint.iacr.org/2004/193.9>.
9. Daniel, J. Bernstein. The Poly1305-AES Message-Authentication Code. In Henri Gilbert and Helena Handschuh, editors, Fast Software Encryption: 12th International Workshop, FSE 2005, Paris, France, February 21–23, 2005, Revised Selected Papers, volume 3557 of Lecture Notes in Computer Science, pages 32 {49. Springer, 2005.
10. Daniel, J. Bernstein, Tung Chou, and Peter Schwabe. McBits: Fast Constant-Time CodeBased Cryptography. In Guido Bertoni and Jean-Sebastien Coron, editors, Cryptographic Hardware and Embedded Systems — CHES 2013–15th International Workshop, Santa Barbara, CA, USA, August 20–23, 2013. Proceedings, volume 8086 of Lecture Notes in Computer Science, pages 250 {272. Springer, 2013.
11. Johannes, A. Buchmann, Erik Dahmen, and Andreas Hülsing. XMSS — A Practical Forward Secure Signature Scheme Based on Minimal Security Assumptions. In BoYin Yang, editor, Post-Quantum Cryptography — 4th International Workshop, PQCrypto 2011, Taipei, Taiwan, November 29 — December 2, 2011. Proceedings, volume 7071 of Lecture Notes in Computer Science, pages 117 {129. Springer, 2011.
12. Daniel, J. Bernstein, Daira Hopwood, Andreas Hülsing, Tanja Lange, Ruben Niederhagen, Louiza Papachristodoulou, Michael Schneider, Peter Schwabe, and Zooko Wilcox O’Hearn. SPHINCS: Practical Stateless Hash-Based

Signatures. In Elisabeth Oswald and Marc Fischlin, editors, *Advances in Cryptology — EUROCRYPT 2015—34th Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques*, Soa, Bulgaria, April 26–30, 2015, Proceedings, Part I, volume 9056 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 368 {397. Springer, 2015.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 24 (104) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

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

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

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

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Голубцов М. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;
фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.
E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.01.2015. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25